

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

ANÁLISE DE ESTRUTURAS TRIDIMENSIONAIS
USUAIS DE EDIFÍCIOS ALTOS

ENG. MAURO PRUDENTE

SÃO CARLOS , DEZEMBRO DE 1983

À
Carolina, Cecília
e Delma.

AGRADECIMENTOS

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

Aos funcionários do C.P.D. (Centro de Processamento de Dados) da EESC-USP, pelo auxílio prestado, e, sobretudo, pela educação dispensada, mesmo nas horas de maior congestionamento.

Ao Rui Roberto Casale pelo capricho na datilografia do texto.

Ao João Paulo Moretti e Sylvia Helena Morette pelos excelentes trabalhos de desenho.

À bibliotecária do Departamento de Estruturas da EESC, Neide Goi, pela organização da bibliografia e referências bibliográficas.

Às instituições: Universidade Federal de Uberlândia e Escola de Engenharia de São Carlos, por possibilitarem a execução do presente trabalho.

Aos amigos pelo incentivo.

R E S U M O

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um programa para computador, que possibilite o cálculo de esforços internos nas extremidades das barras de estruturas tridimensionais usuais de edifícios altos, bem como seus deslocamentos.

Foram consideradas, neste trabalho, as estruturas constituídas de painéis de contraventamento, que são formados por vigas e pilares rigidamente conectados entre si, e pilares individuais não sujeitos aos efeitos da flexo-torção (ficando a inclusão destes efeitos para estudos posteriores). Nas ligações entre painéis não existe nenhuma restrição em relação ao ângulo formado entre os mesmos. Na ligação estrutura-fundação é possível impor deslocamentos iguais ou diferentes de zero, ou mesmo deixá-los livres.

As lajes foram consideradas como diafragmas completamente flexíveis transversalmente, porém perfeitamente rígidos em seus planos.

No capítulo III o referido programa em linguagem FORTRAN é apresentado. No capítulo IV são mostrados exemplos, com o objetivo de comprovar a validade e eficiência dos processos utilizados.

A B S T R A C T

The objective of this work is to develop a computer program for the determination of efforts at the bar ends in tridimensional structures of tall buildings.

The proposed formulation takes into consideration only vertical panel structures formed with beams and columns rigid connected, and single columns for which no warping effect is included. Problems with any angle between panels can be analysed, and at the structure-foundation interface the displacement can be prescribed or computed.

The building slabs cannot withstand any shear efforts, but are taken as rigid bodies in their plane direction.

The fortran code is shown in the chapter III, and numerical applications to demonstrate the validity and efficiency of the adopted process are presented in chapter IV.

Í N D I C E

	Pág.
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II - ANÁLISE DE ESTRUTURAS TRIDIMENSIONAIS USUAIS DE EDIFÍCIOS ALTOS	
1. GENERALIDADES	3
2. NOTAÇÃO	5
3. SISTEMA ESTRUTURAL	7
3.1 - Lajes	7
3.2 - Subestruturas tridimensionais	8
3.3 - Painéis	8
4. CARREGAMENTO EXTERNO	8
5. SISTEMAS DE REFERÊNCIA	9
5.1 - Sistema de referência para o sistema estrutural	9
5.2 - Sistema de referência para os pilares individuais	9
5.3 - Sistema de referência para os painéis de uma subestrutura tridimensional	9
5.4 - Sistema de referência para os pilares de um painel genérico de uma subestrutura tridimensional	11
5.5 - Sistema de referência para as vigas de um painel genérico de uma subestrutura tridimensional	11
6. COORDENADAS DESLOCAMENTOS	12
6.1 - Coordenadas deslocamentos para as subestruturas tridimensionais	12
6.1.1 - Coordenadas deslocamentos para os tramos de pilares individuais	14

6.1.2 - Coordenadas deslocamentos para os painéis	14
7. MATRIZES DE RIGIDEZ E VETORES DOS ESFORÇOS DAS SUBESTRUTURAS TRIDIMENSIONAIS	14
7.1 - Matriz de rigidez dos pilares individuais .	17
7.2 - Contribuição da matriz de rigidez de um tra- mo de pilar individual na matriz de rigidez da subestrutura tridimensional	18
7.3 - Matriz de rigidez dos painéis	19
7.3.1 - Matriz de rigidez dos tramos de pi- lares	19
7.3.2 - Matriz de rigidez das vigas	19
7.3.3 - Matriz de rigidez de um painel	20
7.3.4 - Matriz de rigidez e vetor dos esfor- ços do painel reduzidos às suas co- ordenadas externas	21
7.4 - Contribuição da matriz de rigidez e vetor dos esforços de um painel na matriz de rigi- dez e vetor dos esforços da subestrutura tridimensional	28
8. MATRIZ DE RIGIDEZ E VETOR DOS ESFORÇOS DA SUBES- TRUTURA TRIDIMENSIONAL REDUZIDOS ÀS COORDENADAS DE TÔPO E DE BASE DA MESMA	32
9. ELIMINAÇÃO EM SÉRIE	33
CAPÍTULO III - PROGRAMA PARA O CÁLCULO AUTOMÁTICO	
1. INTRODUÇÃO	39
2. LIMITES DE UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA	40
3. FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO	41
4. PREPARAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA	48
5. LISTAGEM DO PROGRAMA EM LINGUAGEM FORTRAN	55
6. SAÍDA DE RESULTADOS	102

CAPÍTULO IV - EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

1. INTRODUÇÃO	103
2. EXEMPLO Nº 1	104
3. EXEMPLO Nº 2	118
4. EXEMPLO Nº 3	134
5. EXEMPLO Nº 4	142
CONCLUSÕES	153
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	154
BIBLIOGRAFIA	156

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Atualmente e cada vez mais, nos grandes centros urbanos as superfícies disponíveis para construção são bastante restritas, por isso torna-se imperioso a execução de edifícios altos e esbeltos, para se ter o máximo de utilitários, num mínimo possível de superfície plana. Diante deste fato, cada vez mais as influências das cargas laterais de vento são sentidas.

Na maioria das pequenas construções, os esforços internos são calculados como se vigas e pilares trabalhassem independentemente, mas para os edifícios altos e esbeltos é imprescindível que se calcule estes esforços na estrutura, como um todo, com suas barras rigidamente interconectadas, para que se leve em consideração na rigidez da estrutura a contribuição de todos os elementos.

Com o surgimento dos computadores de médio a grande porte, vários programas foram desenvolvidos para calcular esforços internos em estruturas tridimensionais de edi

fícios altos. Na maioria destes programas, cada nó da estrutura possui seis deslocamentos independentes; como o número de nós é em geral grande, a matriz de rigidez terá uma dimensão tal, que torna a solução onerosa quando possível, sobrepondo ainda o inconveniente de não se traduzir muito bem a ação das cargas horizontais de vento num programa desse tipo.

Para contornar estes problemas, duas soluções independentes podem ser utilizadas. A primeira consiste em se levar em conta o fato das lajes poderem ser consideradas como corpos rígidos nos seus planos. Com isso os nós terão apenas três deslocamentos independentes, os outros grupos de três deslocamentos serão dependentes para todos os nós de um mesmo andar, em conformidade com hipótese de rigidez infinita das lajes em seus planos, e serão substituídos por um único grupo de três deslocamentos, em cada laje. Consegue-se desta maneira uma diminuição expressiva na ordem da matriz de rigidez, bem como uma melhor proximidade da realidade, no que diz respeito à atuação de cargas horizontais de vento. A segunda solução consiste em se montar um programa para computador que possibilite o tratamento das estruturas como sendo compostas de subestruturas tridimensionais ⁽¹⁾. Nesse caso analisa-se uma subestrutura por vez na memória central do computador, fazendo assim com que a capacidade de execução torne-se expressivamente maior.

As duas soluções mencionadas serão abordadas e utilizadas concomitantemente no presente trabalho.

CAPÍTULO II

ANÁLISE DE ESTRUTURAS TRIDIMENSIONAIS USUAIS DE EDIFÍCIOS ALTOS

1. GENERALIDADES

As estruturas tridimensionais analisadas no presente trabalho serão formadas por subestruturas também tri dimensionais, as quais se comporão de um determinado número de andares, dependendo da conveniência. Estas subestruturas por sua vez serão formadas pelos chamados pilares in dividuais e painéis, sendo que estes serão compostos de vi gas e pilares rigidamente conectados entre si, e aqueles de tramos de pilares, mesmo que fictícios, sempre existentes nas intersecções de dois ou mais painéis, ou ainda os pilares isolados.

A análise estática será feita pelo processo dos deslocamentos, de acordo com o esquema de cálculo apresentado a seguir.

Numa primeira etapa serão montados e decompostos as matrizes de rigidez e vetores dos esforços dos painéis,

com o objetivo de se encontrar matrizes de rigidez e vetores dos esforços equivalentes, nas coordenadas externas dos mesmos ⁽²⁾. Serão consideradas coordenadas externas, as coordenadas comuns a dois ou mais painéis, ou a duas subestruturas tridimensionais.

A etapa seguinte será a da composição da matriz de rigidez e do vetor dos esforços de cada subestrutura tridimensional, através das contribuições dos tramos de pilares individuais e dos painéis destas subestruturas, sendo que os painéis serão tratados neste ponto, apenas em termos de coordenadas externas.

A partir do momento em que as matrizes de rigidez e os vetores dos esforços das subestruturas tridimensionais estejam compostos, segue-se a terceira etapa que consiste de uma nova decomposição, do mesmo modo feito para os painéis, visando a obtenção das matrizes de rigidez e vetores dos esforços nas coordenadas externas de cada subestrutura, onde as coordenadas externas serão aquelas comuns a duas subestruturas tridimensionais, ou seja, as de topo e base de cada subestrutura. Neste ponto é conveniente ressaltar que, para a primeira subestrutura superior apesar das coordenadas de topo pertencerem a apenas uma subestrutura, estas serão consideradas externas, a fim de se automatizar o processo.

A quarta etapa será a da eliminação em série dos deslocamentos no conjunto de sistemas de equações formado para todas as subestruturas tridimensionais ⁽³⁾, até se ter um único sistema de equações na ligação estrutura-fundação, onde poderão ser impostos deslocamentos, nas coordenadas onde estes serão pré-fixados, e calcular aqueles onde os deslocamentos serão livres.

Na última etapa serão calculados por retro-substituições, os deslocamentos e esforços internos nos elementos de cada subestrutura tridimensional, sendo o cálculo destes o objetivo final do presente trabalho.

É importante salientar que as etapas foram divididas desta maneira, com o intuito de uma melhor compreensão

são por parte do leitor, do esquema geral de cálculo utilizado no presente trabalho, mesmo porque, para se computarizar o processo, algumas etapas deverão ser feitas conjuntamente, com a intenção de se trabalhar com apenas uma subestrutura tridimensional por vez, na memória central do computador.

2. NOTAÇÃO

Serão utilizadas as seguintes variáveis:

X, Y, Z	Sistema de referência para o sistema estrutural e subestruturas tridimensionais.
x_i, y_i, z_i	Sistema de referência para um tramo do pilar individual i .
x_p, y_p, z_p	Sistema de referência para um painel p .
$AI(i)$	Ângulo que relaciona x_i, y_i, z_i do pilar i com X, Y, Z .
$AP(IA)$	Ângulo que relaciona x_p, y_p, z_p do painel IA com X, Y, Z .
x, y, z	Sistema de referência para cada barra de um painel.
NNB	número de pilares individuais.
NNE	número de nós em planta que pertencem a um único painel.
$NA(I)$	número de andares da subestrutura tridimensional I .
IX	momento de inércia da seção transversal do tramo de pilar individual em relação ao eixo x_i .
IY, IZ	momentos de inércia da seção transversal de uma barra, em relação aos eixos principais y e z respectivamente.
$NC(j)$	número de prumadas de pilares do painel j , contando as posições dos pilares individuais.

- NEJ número de coordenadas externas do painel j.
- $\{DPI\}_k^i, [RPI]_k^i$ deslocamentos e matriz de rigidez do tramo do pilar individual i, abaixo da laje k.
- $[BPI]_k^j$ matriz que relaciona os deslocamentos da subestrutura tridimensional com os deslocamentos do tramo do pilar individual j, abaixo da laje do andar k, pertencente a esta subestrutura.
- $\{DS\}_s, \{FS\}_s, [RS]_s$ deslocamentos, esforços e matriz de rigidez da subestrutura tridimensional s, respectivamente.
- NCEP Número de coordenadas nos nós tipo E, ou seja, número de nós tipo E multiplicado por 2.
- $[BPL]_{i,k}^j$ matriz que relaciona os deslocamentos do painel j, com os deslocamentos do tramo de pilar pertencente à prumada i e abaixo da laje k do mesmo painel.
- $\{DJ\}_s^j, \{FJ\}_s^j, [RJ]_s^j$ deslocamentos, esforços e matriz de rigidez do painel j da subestrutura s, respectivamente.
- $\{DJ\}_h^j$ deslocamentos do painel j aos níveis das lajes.
- $\{DJE\}^j, \{DJI\}^j$ deslocamentos externos e internos do painel j.
- $\{DP\}_{i,k}^j, [RP]_{i,k}^j$ deslocamentos e matriz de rigidez do tramo de pilar situado abaixo da laje k e na prumada i, pertencente ao painel j.
- $\{DV\}_{i,k}^j, [RV]_{i,k}^j$ deslocamentos e matriz de rigidez do tramo de viga situado ao nível da laje k e imediatamente à direita da prumada de pilares i, pertencente ao painel j.
- $[BV]_{i,k}^j$ matriz que relaciona os deslocamentos do painel j, com os deslocamentos da viga do mesmo painel situada imediatamente à

direita da prumada de pilares i e no nível da laje k .

$\{FJ^*\}_s^j, [RJ^*]_s^j$ esforços e matriz de rigidez do painel j da subestrutura tridimensional s , reduzidos às suas coordenadas externas.

$[BJ]_s^j$ matriz que relaciona os deslocamentos da subestrutura tridimensional s com os deslocamentos externos do painel j , pertencente a esta subestrutura.

$\{F\}_s, [R]_s$ esforços e matriz de rigidez da subestrutura tridimensional s , reduzidos às coordenadas de topo e de base da mesma.

$\{F^*\}_s, [R^*]_s$ esforços e matriz de rigidez da subestrutura tridimensional s , reduzidos às coordenadas de base da mesma.

3. SISTEMA ESTRUTURAL

Será considerado como sistema estrutural, a estrutura tridimensional formada pelas subestruturas também tridimensionais, que por sua vez, serão formadas pelos painéis e pilares individuais travados horizontalmente pelas lajes.

Apesar de já terem sido mencionados anteriormente, serão dadas a seguir uma melhor caracterização e algumas considerações a respeito de seus componentes.

3.1 - Lajes

As lajes serão consideradas como diafragmas infinitamente rígidos em seus planos e com rigidez desprezível nos planos normais aos mesmos, e serão responsáveis pela transmissão aos painéis de grande parte das cargas atuantes na estrutura, inclusive as resultantes da ação do vento.

3.2 - Subestruturas tridimensionais

Serão formadas por um determinado número de andares da estrutura tridimensional, e terão o mesmo número de nós em planta, do restante da estrutura, ou seja, a subestrutura tridimensional é conseguida a partir de dois planos paralelos à base da estrutura, passando respectivamente pelo topo de seu andar superior, englobando as lajes e vigas, e pelo andar inferior da mesma, sem englobar as lajes e vigas do andar subsequente.

3.3 - Painéis

Serão considerados painéis de uma subestrutura tridimensional, as correspondentes partes das subestruturas planas formadas por pilares e vigas rigidamente conectados entre si, com rigidezes desprezíveis à torção e à flexão no plano normal aos seus. Os painéis podem ter interrupções nos pilares e vigas, desde que os elementos faltantes sejam substituídos por elementos fictícios com rigidezes e áreas das seções transversais (caso de pilares) nulas. As deformações axiais serão desprezadas para as vigas, em consonância com a hipótese admitida para o comportamento das lajes, contudo serão levadas em conta para os pilares. As deformações provenientes da ação do esforço cortante serão também consideradas desprezíveis.

4. CARREGAMENTO EXTERNO

As cargas externas aplicadas em cada subestrutura tridimensional deverão estar em um único carregamento, o qual se comporá das cargas laterais, que poderão ser aplicadas diretamente nas coordenadas referentes aos deslocamentos das lajes ou nos painéis na altura das lajes, e as demais car-

gas, que deverão ser substituídas por cargas aplicadas diretamente nos nós da subestrutura ou nos nós dos painéis.

5. SISTEMAS DE REFERÊNCIA

5.1 - Sistema de referência para o sistema estrutural

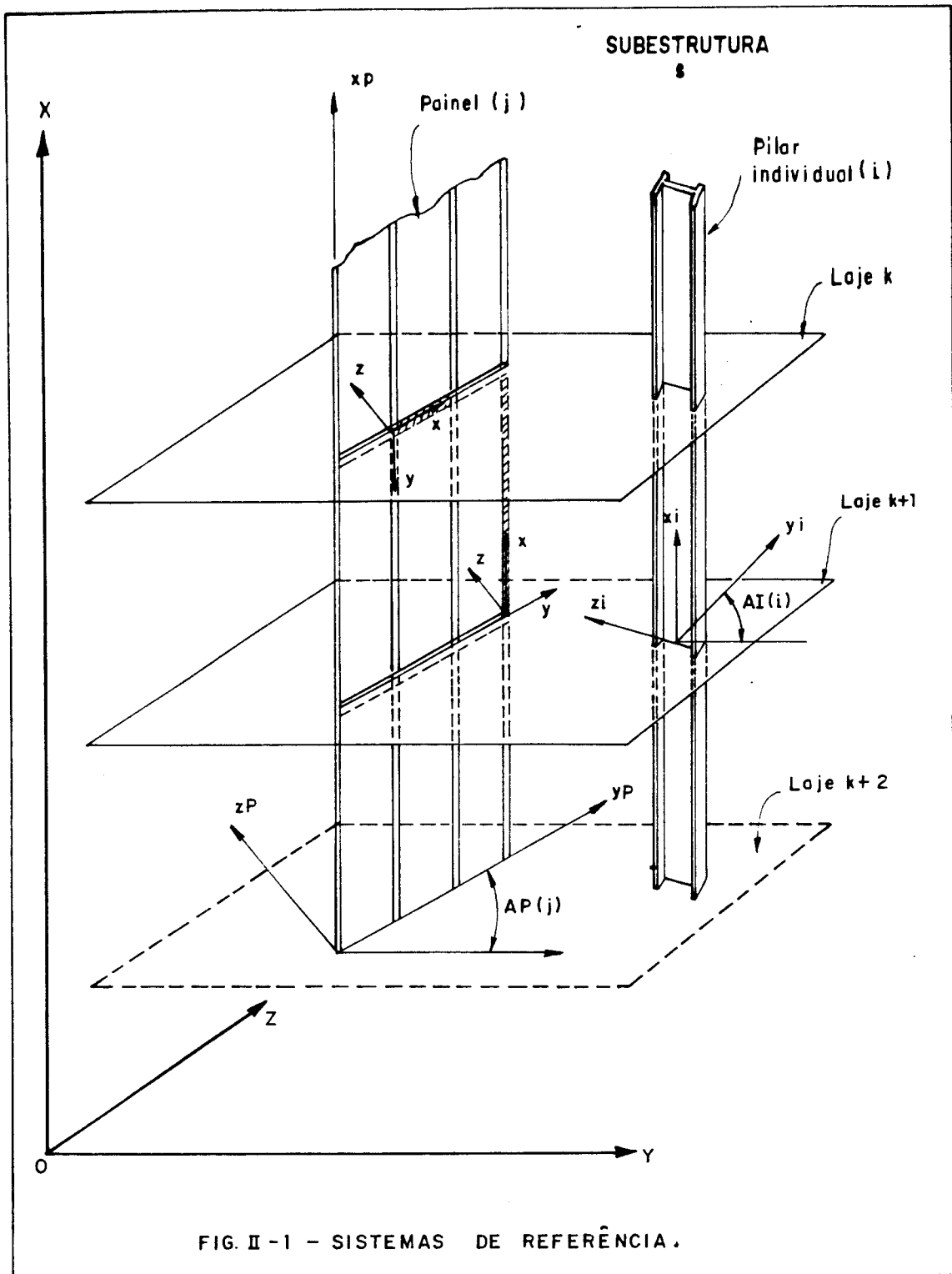
O sistema estrutural terá como referência os eixos cartesianos X, Y e Z, com origem "O" situada num ponto qualquer do plano da base da estrutura, no qual estarão situados os eixos Y e Z com orientações arbitrárias. O eixo X será vertical, orientado da base para o topo da estrutura. Este sistema de referência, será o mesmo adotado para as subestruturas, (Fig.II.1).

5.2 - Sistema de referência para os pilares individuais

Para os tramos de pilares individuais, serão adotados como referência, os eixos cartesianos x_i , y_i e z_i , passando pelo centro de gravidade das seções dos tramos, com origem "O_i" situada no plano da laje da base de cada tramo. O eixo x_i será vertical e terá o mesmo sentido de X. Os eixos y_i e z_i serão coincidentes com os eixos principais de inércia da seção transversal dos referidos tramos, formando um ângulo α_i com os eixos Y e Z do sistema estrutural. Este ângulo deverá ser medido de Y para y_i no sentido anti-horário, ou seja, no sentido de X, (Fig. II.1).

5.3 - Sistema de referência para os painéis de uma subestrutura tridimensional

O sistema de referência para um painel genérico de uma subestrutura tridimensional, será formado pelos eixos



cartesianos x_p , y_p e z_p com origem "Op" situada na base da mesma, no nó inicial do painel. O eixo x_p será vertical e terá o mesmo sentido de X, y_p estará contido no plano do painel e será orientado do início para o fim do mesmo, já o eixo z_p , será perpendicular ao plano do painel. A relação entre os sistemas de referência X, Y e Z e x_p , y_p e z_p será definida pelo ângulo AP formado pelos eixos Y e y_p , medido sempre do primeiro para o segundo no sentido de X, (Fig. II.1). Por facilidade na referência dos elementos componentes do painel, será conveniente que o painel seja visto, de tal forma que seu nó inicial fique à esquerda do observador.

5.4 - Sistema de referência para os pilares de um painel genérico de uma subestrutura tridimensional

Para os tramos de pilares de um painel genérico de uma subestrutura, serão adotados como referência os eixos cartesianos x , y e z , com origem situada num plano paralelo às lajes, este por sua vez situado na base de cada tramo. O eixo x será vertical e terá o mesmo sentido de X, os eixos y e z terão a mesma direção e sentido dos eixos y_p e z_p , e passarão pelo centro de gravidade da seção transversal do pilar (Fig. II.1).

5.5 - Sistema de referência para as vigas de um painel genérico de uma subestrutura tridimensional

Para o tramo de viga situada entre duas prumadas de pilares de um painel pertencente a uma subestrutura, serão adotados como referência os eixos x , y e z com origem no centro de gravidade da seção transversal da viga onde se interceptam o referido tramo de viga e o pilar da esquerda, no caso do painel estar sendo visto de forma a se ter o nó

inicial à esquerda do observador. O eixo x será horizontal com a mesma direção e sentido de y_p , os eixos y e z serão paralelos a x_p e z_p , sendo que z terá o mesmo sentido de z_p e y terá sentido oposto ao de x_p , (Fig. II.1).

6. COORDENADAS DESLOCAMENTOS

As coordenadas deslocamentos serão vetores na direção dos possíveis deslocamentos independentes de cada componente da estrutura tridimensional, com sentido positivo de acordo com seus sistemas de referência.

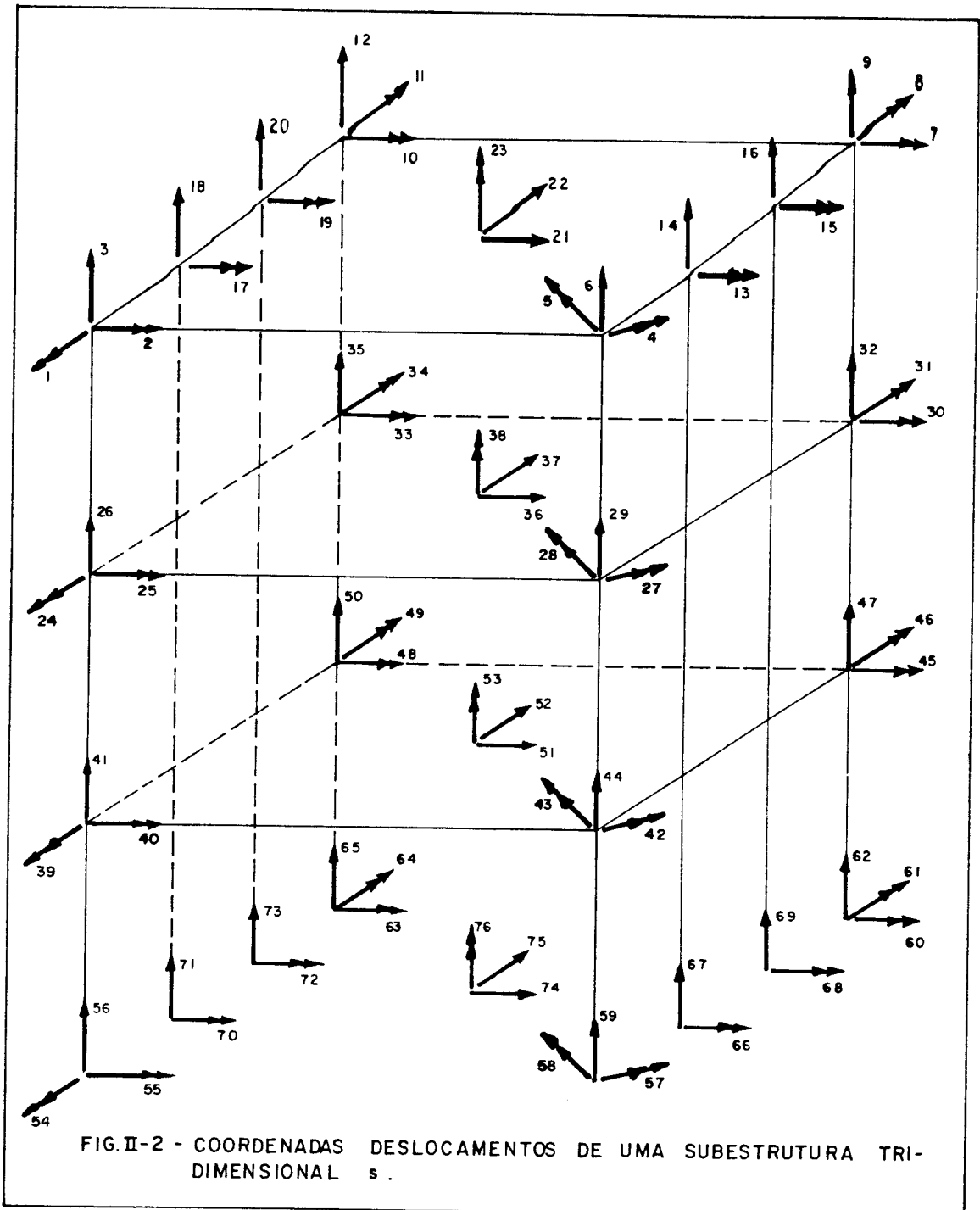
6.1 - Coordenadas deslocamentos para as subestruturas tridimensionais

Lembrando que pilares individuais são os pilares isolados, ou aqueles, mesmo que fictícios, sempre existentes nas intersecções de painéis, e chamando de nós tipo B, as intersecções das lajes com os referidos pilares, e chamando ainda de nós tipo E, os nós pertencentes a duas subestruturas subsequentes, desde que estes pertençam a um único painel, ter-se-á para as subestruturas tridimensionais as seguintes coordenadas deslocamentos, (Fig. II.2):

a) Para cada nó tipo B, as rotações segundo os eixos y_i e z_i e a translação segundo o eixo x_i .

b) Para cada nó tipo E, a rotação segundo o eixo z_p , e a translação segundo o eixo x_p , sendo z_p e x_p eixos de referência do painel ao qual pertence o referido nó.

c) Para cada laje, os deslocamentos de corpo rígido em seu plano, ou seja, as translações segundo os eixos Y e Z e a rotação segundo o eixo X .



6.1.1 - Coordenadas deslocamentos para os tramos de pilares individuais

Ao nível de cada laje, ter-se-ã as seguintes coordenadas deslocamentos na sequênciã: as rotações segundo y_i e z_i , as translações segundo x_i , y_i e z_i e a rotação segundo x_i .

Para um tramo de pilar individual compreendido entre duas lajes subsequentes as 12 coordenadas deslocamentos estão representadas na (Fig. II.3).

6.1.2 - Coordenadas deslocamentos para os painéis

Para um painel j qualquer de uma subestrutura tridimensional, serão adotadas como coordenadas deslocamentos, aquelas que indicam a translação segundo y_p de cada andar da subestrutura, mais os deslocamentos de cada não, ou seja, a rotação segundo z_p e a translação segundo x_p , (Fig.II.4).

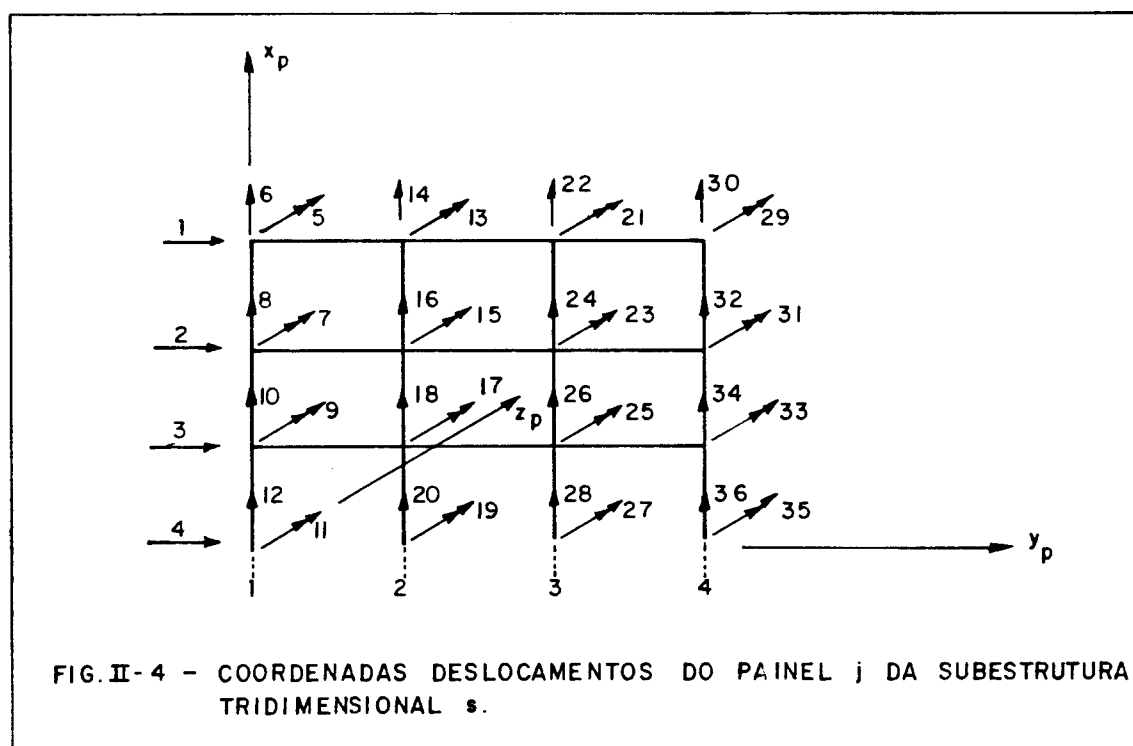
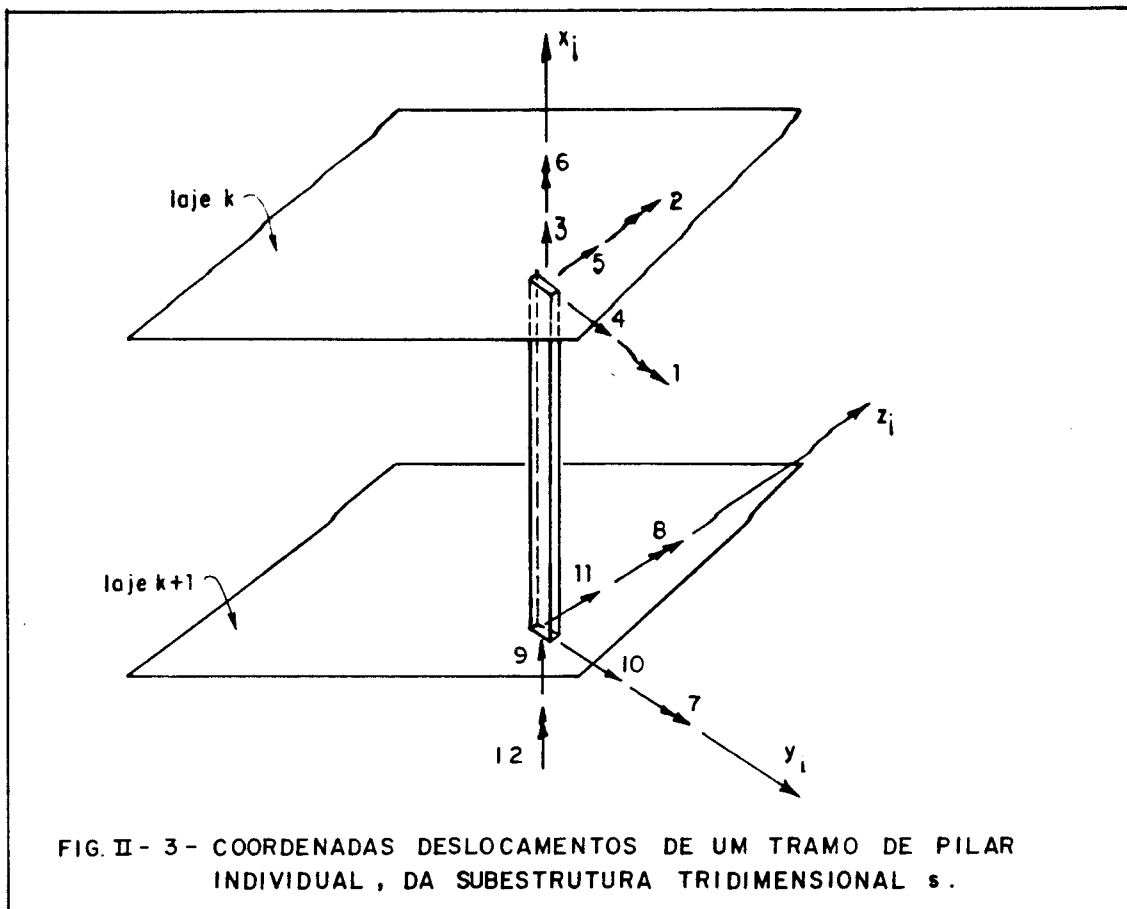
As translações horizontais dos andares serão numeradas primeiramente, de cima para baixo, depois virão a rotação e a translação vertical de cada não, numeradas de cima para baixo e da esquerda para a direita.

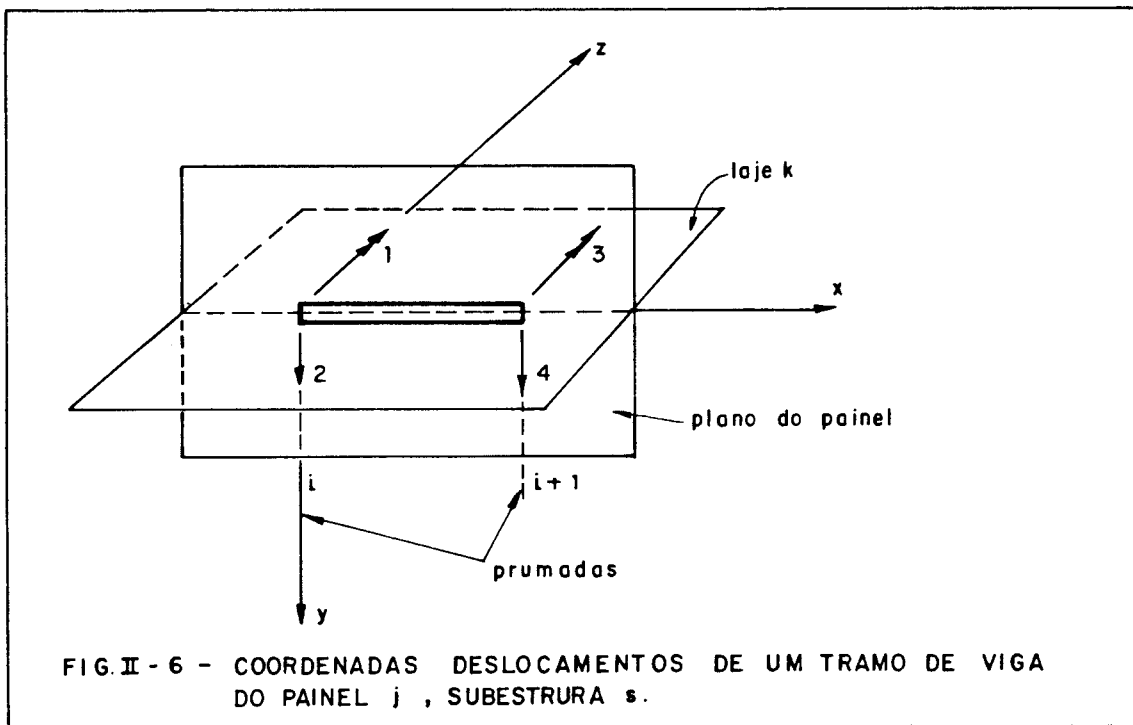
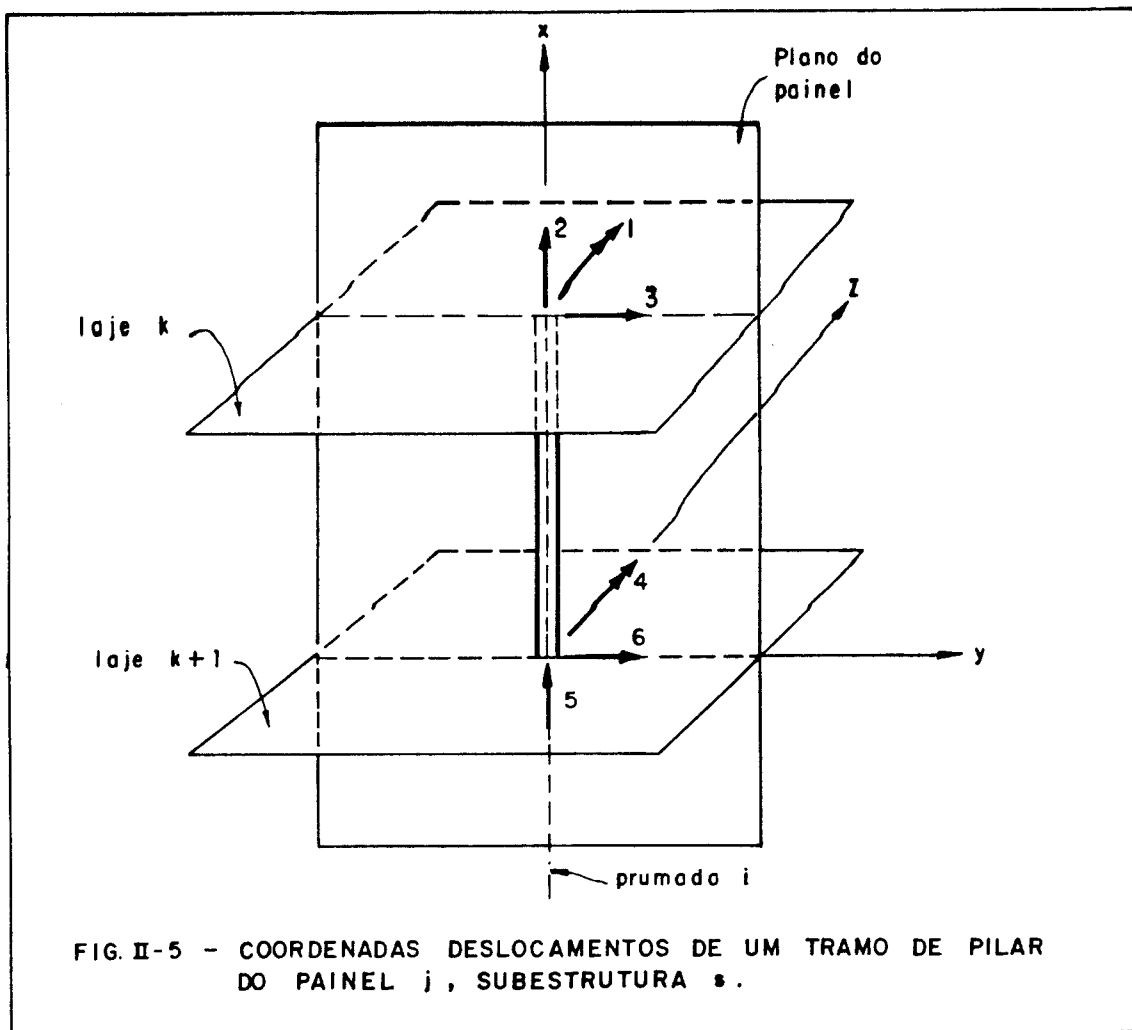
Para um tramo de pilar pertencente a um painel de uma subestrutura, situado entre duas lajes subsequentes, as coordenadas deslocamentos em número de 6, estão representadas na (Fig. II.5).

Para uma viga entre duas prumadas de pilares e ao nível de uma determinada laje as coordenadas deslocamentos em número de 4 estão representadas na (Fig. II.6).

7. MATRIZES DE RIGIDEZ E VETORES DOS ESFORÇOS NAS SUBESTRUTURAS TRIDIMENSIONAIS

A matriz de rigidez de uma subestrutura serã composta, através das contribuições das rigidezes de todos os





tramos de pilares individuais, e de todos os painéis da subestrutura, nas coordenadas da mesma. O vetor dos esforços será conseguido também pela contribuição dos vetores dos esforços de cada painel, somados com os esforços externos aplicados diretamente sobre as coordenadas da subestrutura tridimensional.

7.1 - Matriz de rigidez dos pilares individuais

Para os pilares individuais de seções prismáticas, serão previstas as seguintes características:

- Os centros de torção e gravidade são coincidentes.
- Não é prevista a aplicação de carga externa ao longo das barras.
- Não há distorção da seção transversal no seu plano.
- Os materiais são elásticos.

Para um tramo de pilar individual e abaixo da laje k, ter-se-á a seguinte matriz de rigidez:

$$[KPI]_{k} = \begin{bmatrix} \frac{4.E.IY}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{6.E.IY}{L^2} & 0 & \frac{2.E.IY}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{-6.E.IY}{L^2} & 0 \\ 0 & \frac{4.E.IZ}{L} & 0 & \frac{-6.E.IZ}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2.E.IZ}{L} & 0 & \frac{6.E.IZ}{L^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{E.AX}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{-E.AX}{L} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-6.E.IZ}{L^2} & 0 & \frac{12.E.IZ}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{-6.E.IZ}{L^2} & 0 & \frac{-12.E.IZ}{L^3} & 0 & 0 \\ \frac{6.E.IY}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{12.E.IY}{L^3} & 0 & \frac{6.E.IY}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{-12.E.IY}{L^3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{G.IX}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{-G.IX}{L} \\ \frac{2.E.IY}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{6.E.IY}{L^2} & 0 & \frac{4.E.IY}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{-6.E.IY}{L^2} & 0 \\ 0 & \frac{2.E.IZ}{L} & 0 & \frac{-6.E.IZ}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4.E.IZ}{L} & 0 & \frac{6.E.IZ}{L^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-E.AX}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{E.AX}{L} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{6.E.IZ}{L^2} & 0 & \frac{-12.E.IZ}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6.E.IZ}{L^2} & 0 & \frac{12.E.IZ}{L^3} & 0 & 0 \\ \frac{-6.E.IY}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{-12.E.IY}{L^3} & 0 & \frac{-6.E.IY}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{12.E.IY}{L^3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{-G.IX}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{G.IX}{L} \end{bmatrix}$$

7.2 - Contribuição da matriz de rigidez de um tramo de pilar individual na matriz de rigidez da subestrutura tridimensional

Os deslocamentos $\{DPI\}_k^i$ do tramo de pilar individual i , abaixo da laje k , são relacionados aos deslocamentos $\{DS\}_s$ da subestrutura s à qual pertence através da relação:

$$\{DPI\}_k^i = [BPI]_k^i \cdot \{DS\}_s$$

A matriz de transformação $[BPI]$ genérica de ordem $12 \times [3 \cdot (NNB+1) + 2NNE]$ é composta da seguinte forma:

$$[BPI] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & D & C & AB & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -C & D & AC & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 \dots 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \dots 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \dots 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \dots 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & D & C & AB \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -C & D & AC \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

onde:

$$D = \cos(AI(i))$$

$$C = \text{sen}(AI(i))$$

$$AB = Y(i) \cdot \text{sen}(AI(i)) - Z(i) \cdot \cos(AI(i))$$

$$AC = Y(i) \cdot \cos(AI(i)) + Z(i) \cdot \text{sen}(AI(i))$$

Assim a matriz de rigidez $[RI]_s$ da subestrutura tri-dimensional s , devida apenas às contribuições dos tramos de pilares individuais desta subestrutura será:

$$[RI]_s = \sum_{i=1}^{NNB} \sum_{k=1}^{NA(s)} [BPI]_k^t [RPI]_k^i [BPI]_k$$

7.3 - Matriz de rigidez dos painéis

7.3.1 - Matriz de rigidez dos tramos de pilares

Para um pilar (i,k) da prumada i e abaixo da laje k, de um painel j, ter-se-á a seguinte matriz de rigidez de ordem 6x6 nas coordenadas correspondentes do mesmo:

$$[RPL]_{i,k}^j = \begin{bmatrix} \frac{4.E.IZ}{L} & 0 & \frac{-6.E.IZ}{L^2} & \frac{2.E.IZ}{L} & 0 & \frac{6.E.IZ}{L^2} \\ 0 & \frac{E.AX}{L} & 0 & 0 & \frac{-E.AX}{L} & 0 \\ \frac{-6.E.IZ}{L^2} & 0 & \frac{12.E.IZ}{L^3} & \frac{-6.E.IZ}{L^2} & 0 & \frac{-12.E.IZ}{L^3} \\ \frac{2.E.JZ}{L} & 0 & \frac{-6.E.IZ}{L^2} & \frac{4.E.IZ}{L} & 0 & \frac{6.E.IZ}{L^2} \\ 0 & \frac{-E.AX}{L} & 0 & 0 & \frac{E.AX}{L} & 0 \\ \frac{6.E.IZ}{L^2} & 0 & \frac{-12.E.IZ}{L^3} & \frac{6.E.IZ}{L^2} & 0 & \frac{12.E.IZ}{L^3} \end{bmatrix}$$

7.3.2 - Matriz de rigidez das vigas

Para uma viga (i,k) imediatamente à direita da prumada de pilares i (com o nó inicial à esquerda do observador), e no nível da laje k do painel j, ter-se-á a seguinte matriz de rigidez de ordem 4x4 nas coordenadas correspondentes da mesma:

$$[RV]_{i,k}^j = \begin{bmatrix} \frac{4.E.IZ}{L} & \frac{6.E.IZ}{L^2} & \frac{2.E.IZ}{L} & \frac{-6.E.IZ}{L^2} \\ \frac{6.E.IZ}{L^2} & \frac{12.E.IZ}{L^3} & \frac{6.E.IZ}{L^2} & \frac{-12.E.IZ}{L^3} \\ \frac{2.E.IZ}{L} & \frac{6.E.IZ}{L^2} & \frac{4.E.IZ}{L} & \frac{-6.E.IZ}{L^2} \\ \frac{-6.E.IZ}{L^2} & \frac{-12.E.IZ}{L^3} & \frac{-6.E.IZ}{L^2} & \frac{12.E.IZ}{L^3} \end{bmatrix}$$

7.3.3 - Matriz de rigidez de um painel

Os deslocamentos $\{DP\}_{i,k}^j$ do pilar (i,k) e $\{DV\}_{i,k}^j$ da viga (i,k) podem ser relacionados aos deslocamentos $\{DJ\}_s^j$ do painel j da subestrutura tridimensional s, através das relações:

$$\{DP\}_{i,k}^j = [BP]_{i,k}^j \cdot \{DJ\}_s^j$$

e

$$\{DV\}_{i,k}^j = [BV]_{i,k}^j \cdot \{DJ\}_s^j$$

As matrizes de transformação $[BP]_{i,k}^j$ de ordem $6 \times [(NA(s)+1) \cdot (2 \cdot NC(j)+1)]$ e $[BV]_{i,k}^j$ de ordem $4 \times [(NA(s)+1) \cdot (2 \cdot NC(j)+1)]$ são compostas da seguinte forma:

$$[BP]_{i,k}^j = \begin{bmatrix} \overbrace{0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0}^{k-1} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 \dots 0 & 1 & 0 & 0 \dots 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \dots 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{array}{c}
 2 \cdot (NA(s) \cdot (i-1) + 2 \cdot k - 2 + (NA(s)+1)) \\
 \\
 [BV]_{i,k}^j = \begin{bmatrix}
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \dots & & & & \dots & & & & \dots & \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0
 \end{bmatrix} \\
 \\
 2 \cdot (NA(s)+1) \cdot i + 2 \cdot k - 2 + (NA(s)+1)
 \end{array}$$

Assim a matriz de rigidez do painel j de ordem $(NA(s)+1) \cdot (2 \cdot NC(j)+1) \times (NA(s)+1) \cdot (2 \cdot NC(j)+1)$ será:

$$\begin{aligned}
 [RJ]^j &= \sum_{i=1}^{NC(j)} \sum_{k=1}^{NA(s)} [BP]_{i,k}^{j,t} \cdot [RP]_{i,k}^j [BP]_{i,k}^j + \\
 &+ \sum_{i=1}^{NC(j)-1} \sum_{k=1}^{NA(s)} [BV]_{i,k}^{j,t} [RV]_{i,k}^j [BV]_{i,k}^j
 \end{aligned}$$

7.3.4 - Matriz de rigidez e vetor dos esforços do painel reduzidos às suas coordenadas externas

Os painéis serão classificados em 3 tipos, dependendo da existência ou não de pilares individuais nos nós de extremidades dos mesmos (Fig. II.7), lembrando que, se num nó de extremidade de painel existe um pilar individual, para o painel neste nó existirá um pilar fictício de rigidez e área nulas.

Os deslocamentos $[DJ]^j$ serão organizados em deslocamentos nas coordenadas externas (E) e internas (I), sendo que as coordenadas externas dos painéis serão aquelas dos nós comuns a dois ou mais painéis, ou a duas subestruturas tridimensionais.

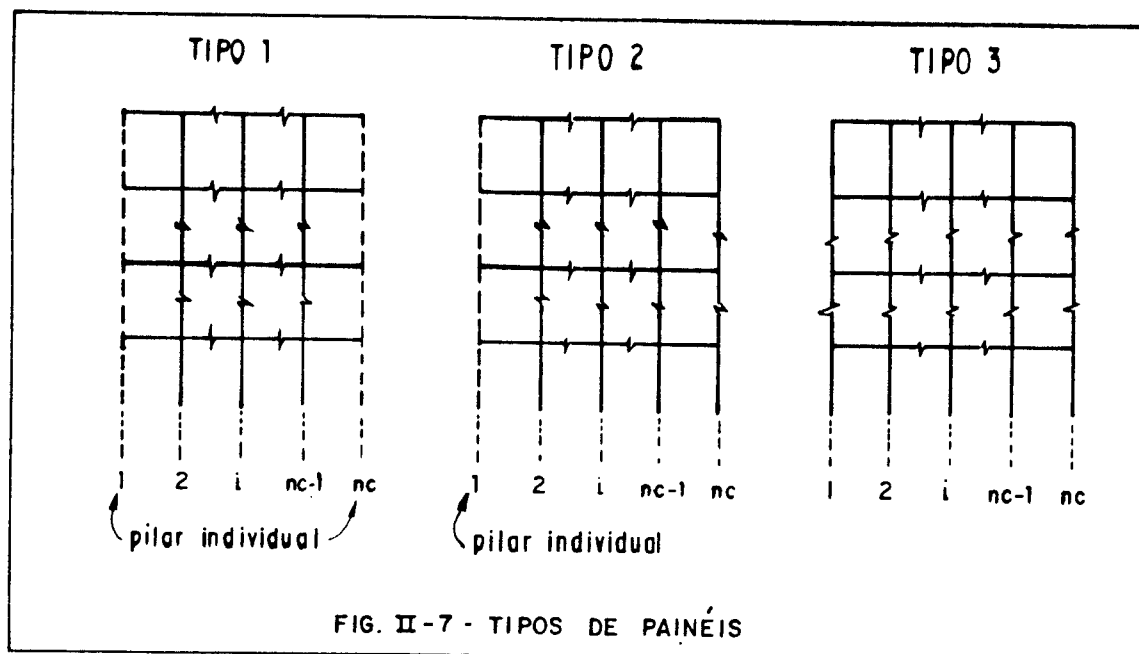


FIG. II-7 - TIPOS DE PAINÉIS

Assim, para os painéis tipo (1)

$$\{DJE\}^j = \left\{ \{DJ\}_h^j \quad \{DJ\}_1^j \quad \{DJ\}_{nc}^j \right\}^t$$

$$\{DJI\}^j = \left\{ \{DJ\}_2^j \quad \{DJ\}_3^j \quad \dots \quad \{DJ\}_{nc-1}^j \right\}^t$$

Para os painéis tipo (2)

$$\{DJE\}^j = \left\{ \{DJ\}_h^j \quad \{DJ\}_1^j \right\}^t$$

$$\{DJI\}^j = \left\{ \{DJ\}_2^j \quad \dots \quad \{DJ\}_{nc}^j \right\}^t$$

Para os tipo (3):

$$\{DJE\}^j = \left\{ \{DJ\}_h^j \right\}$$

$$\{DJI\}^j = \left\{ \{DJ\}_1^j \quad \{DJ\}_2^j \quad \dots \quad \{DJ\}_{nc}^j \right\}$$

A partir do exposto, o próximo passo será reorganizar as matrizes $[RJ]^j$ e o vetor dos esforços $\{FJ\}^j$ através de trocas de linhas e colunas, até se obter ⁽⁴⁾.

$$\begin{bmatrix} [RJII] & [RJIE] \\ [RJEI] & [RJEE] \end{bmatrix}^j \cdot \begin{Bmatrix} \{DJI\} \\ \{DJE\} \end{Bmatrix}^j = \begin{Bmatrix} \{FJI\} \\ \{FJE\} \end{Bmatrix}^j \quad (1)$$

Os deslocamentos internos $\{DJI\}$ podem ser substituídos pela soma de dois outros, $\{DJI^0\}$ e $\{DJI^*\}$. O primeiro, $\{DJI^0\}$, contendo os deslocamentos internos provocados pelos esforços internos $\{FJI\}$ quando se impõe que todos os deslocamentos $\{DJE\}$ sejam nulos, aplicando segundo essas coordenadas externas, esforços $\{FJE^0\}$ de engastamento perfeito. O outro, $\{DJI^*\}$, contendo os deslocamentos internos devidos à superposição dos esforços externos $\{FJE\}$ com $(-1) \cdot \{FJE^0\}$. Assim os deslocamentos $\{DJ\}^j$ ficarão:

$$\{DJ\}^j = \begin{Bmatrix} \{DJI\} \\ \{DJE\} \end{Bmatrix}^j = \begin{Bmatrix} \{DJI^0\} \\ \{0\} \end{Bmatrix}^j + \begin{Bmatrix} \{DJI^*\} \\ \{DJE\} \end{Bmatrix}^j \quad (2)$$

Os esforços $\{FJ\}^j$ correspondentes serão:

$$\{FJ\}^j = \begin{Bmatrix} \{FJI\} \\ \{FJE\} \end{Bmatrix}^j = \begin{Bmatrix} \{FJI\} \\ \{FJE^0\} \end{Bmatrix}^j + \begin{Bmatrix} \{0\} \\ \{FJ^*\} \end{Bmatrix}^j \quad (3)$$

Os quatro vetores introduzidos, $\{DJI^0\}$, $\{DJI^*\}$, $\{FJE^0\}$ e $\{FJ^*\}$ podem ser determinados substituindo as equações (2) e (3) na eq. (1), tem-se:

Para deslocamentos externos nulos:

$$\begin{bmatrix} [RJII]^j & [RJIE]^j \\ [RJEI]^j & [RJEE]^j \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \{DJI^0\}^j \\ \{0\}^j \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{FJI\}^j \\ \{FJE^0\}^j \end{Bmatrix}$$

donde:

$$\{DJI^0\}^j = [RJII]^j^{-1} \cdot \{FJI\}^j \quad (4)$$

$$\{FJE^0\}^j = [RJEI]^j \cdot [RJII]^j^{-1} \cdot \{FJI\}^j \quad (5)$$

Para a outra parcela dos deslocamentos:

$$\begin{bmatrix} [RJII]^j & [RJIE]^j \\ [RJEI]^j & [RJEE]^j \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \{DJI^*\}^j \\ \{DJE\}^j \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{0\}^j \\ \{FJ^*\}^j \end{Bmatrix}$$

donde:

$$\{DJI^*\}^j = - [RJII]^j^{-1} \cdot [RJIE]^j \cdot \{DJE\}^j \quad (6)$$

$$\{FJ^*\}^j = [RJEI]^j \cdot \{DJI^*\}^j + [RJEE]^j \cdot \{DJE\}^j \quad (7)$$

Substituindo a eq. (6) na eq. (7) tem-se:

$$\{FJ^*\}^j = ([RJEE]^j - [RJEI]^j \cdot [RJII]^j^{-1} \cdot [RJIE]^j) \cdot \{DJE\}^j$$

Chamando $[RJ^*]^j$ matriz de rigidez reduzida do painel j:

$$[RJ^*]^j = [RJEE]^j - [RJEI]^j \cdot [RJII]^j^{-1} \cdot [RJIE]^j \quad (8)$$

$$\{FJ^*\}^j = [RJ^*]^j \cdot \{DJE\}^j \quad (9)$$

Substituindo os valores de $\{FJE^0\}$ da equação (5) em:

$$\{FJE\}^j = \{FJE^0\}^j + \{FJ^*\}^j$$

tem-se

$$\{FJ^*\} = \{FJE\}^j - [RJEI]^j \cdot [RJII]^j^{-1} \cdot \{FJI\}^j \quad (10)$$

Substituindo os valores de $\{DJI^0\}^j$ da eq. (4) e $\{DJI^*\}^j$ da eq. (6) em

$$\{DJI\}^j = \{DJI^0\}^j + \{DJI^*\}^j$$

tem-se:

$$\{DJI\}^j = [RJII]^j^{-1} \cdot \{FJI\}^j - [RJII]^j^{-1} \cdot [RJIE]^j \cdot \{DJE\}^j \quad (11)$$

Para evitar os problemas inerentes da inversão de matrizes, tais como, imprecisões e menor eficiência, será utilizado no presente trabalho, o processo proposto em (5), para se encontrar as matrizes de rigidez e vetores dos esforços dos painéis reduzidos às coordenadas externas, $[RJ^*]^j$ e $\{FJ^*\}^j$, bem como os deslocamentos internos dos mesmos. Este processo consiste em se transformar as matrizes de rigidez, já rearranjados com as rigidezes referentes às coordenadas internas nas primeiras linhas e colunas, em um triplo produto matricial, conforme se segue:

$$\begin{bmatrix} [RJII] & [RJIE] \\ [RJEI] & [RJEE] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [L] & [0] \\ [RN] & [I] \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} [D] & [0] \\ [0] & [K^*] \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} [L]^t & [RN]^t \\ [0] & [I] \end{bmatrix} \quad (12)$$

no qual:

$[L]$ = matriz triangular inferior com a diagonal principal formada de uns

$[RN]$ = matriz retangular

$[0]$ = matriz nula

[I] = matriz identidade

[D] = matriz diagonal

[K*] = matriz simétrica

Do triplo produto de matrizes, são obtidas as seguintes relações:

$$[RJII] = [L] \cdot [D] \cdot [L]^t \quad (13)$$

$$[RJEI] = [RJIE]^t = [RN] \cdot [D] \cdot [L]^t \quad (14)$$

$$[RJEE] = [K^*] + [RN] \cdot [D] \cdot [RN]^t \quad (15)$$

A eq. (13) representa uma decomposição de Choleski da matriz [RJII]. Da eq. (14) pode ser derivada uma expressão para a matriz [RN].

$$[RN] = [RJEI] \cdot [[D] \cdot [L]^t]^{-1} \quad (16)$$

e da eq. (15)

$$[K^*] = [RJEE] - [RN] \cdot [D] \cdot [RN]^t \quad (17)$$

Das equações (16) e (17) são obtidas as seguintes equações genéricas para um elemento (i,j) de [RN] e de [K*] respectivamente:

$$RN_{i,j} = \frac{1}{D_{j,j}} \cdot (RJ_{i+NI,j} - \sum_{k=1}^{j-1} RN_{i,k} \cdot L_{j,k} \cdot D_{k,k}) \quad (18)$$

e

$$K_{i,j}^* = RJ_{i+NI,j+NI} - \sum_{k=1}^{NI} L_{i,k}^2 \cdot D_{k,k} \quad (19)$$

onde NI é o número de coordenadas internas do painel

Analisando a eq. (18), nota-se que $[RN]$ nada mais é do que a transposta de uma submatriz obtida, quando se triangulariza a matriz de rigidez de acordo com a eq. (13) a a té a coluna referente ao número de coordenadas internas. Do mesmo modo analisando a eq. (19), nota-se que $[K^*]$ é também uma submatriz conseguida desta triangularização e que é idêntica à $[RJ^*]$ da eq. (8). Assim:

$$\begin{bmatrix} [RJII]^j & [RJIE]^j \\ [RJEI]^j & [RJEE]^j \end{bmatrix} \xrightarrow[\text{de Gauss}]{\text{triangularização}} \begin{bmatrix} [L]^t & [RN]^t \\ [0] & [K^*] \end{bmatrix} \quad (20)$$

Substituindo o triplo produto de matrizes na eq. (1) tem-se:

$$\begin{bmatrix} [D]^j & [0] \\ [0] & [K^*]^j \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \{DJI^*\}^j \\ \{DJE^*\}^j \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{FJI^*\}^j \\ \{FJ^*\}^j \end{Bmatrix} \quad (21)$$

na qual:

$$\begin{Bmatrix} \{DJI^*\}^j \\ \{DJE^*\}^j \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [L]^t_j & [RN]^t_j \\ [0] & [I]^j \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \{DJI\}^j \\ \{DJE\}^j \end{Bmatrix} \quad (22)$$

e

$$\begin{Bmatrix} \{FJI\}^j \\ \{FJE\}^j \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [L]^j & [0] \\ [RN]^j & [I] \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \{FJI^*\}^j \\ \{FJ^*\}^j \end{Bmatrix} \quad (23)$$

Da eq. (21) obtem-se:

$$[K^*]^j \cdot \{DJE^*\}^j = \{FJ^*\}^j \quad (24)$$

onde

$$[K^*]^j = [RJ^*]^j$$

da eq. (22)

$$\{DJE^*\}^j = \{DJE\}^j \quad (25)$$

e da eq. (23)

$$\{FJI\}^j = [L]. \{FJI^*\} \quad (26)$$

e

$$\{FJE\} = [RN]^j . \{FJI^*\} + \{FJ^*\}^j \quad (27)$$

ou

$$\{FJ^*\}^j = \{FJE\}^j - [RN]^j . \{FJI^*\}^j \quad (28)$$

Calculado o vetor $\{FJI^*\}$ da eq.(26) o vetor $\{DJI^*\}^j$ é obtido da eq. (21).

$$[D]^j . \{DJI^*\}^j = \{FJI^*\}^j \quad (29)$$

7.4 - Contribuição da matriz de rigidez e vetor dos esforços de um painel na matriz de rigidez e vetor dos esforços da subestrutura tridimensional

Calculada a matriz de rigidez e o vetor dos esforços reduzidos às coordenadas externas, serão feitas as contribuições dos mesmos na matriz e vetor correspondentes da subestrutura tridimensional. Estas contribuições serão feitas através da matriz transformação $[BJ]^j$, que relaciona os deslocamentos do painel aos da subestrutura da mesma maneira como foram feitas as contribuições dos tramos de pilares individuais ou seja:

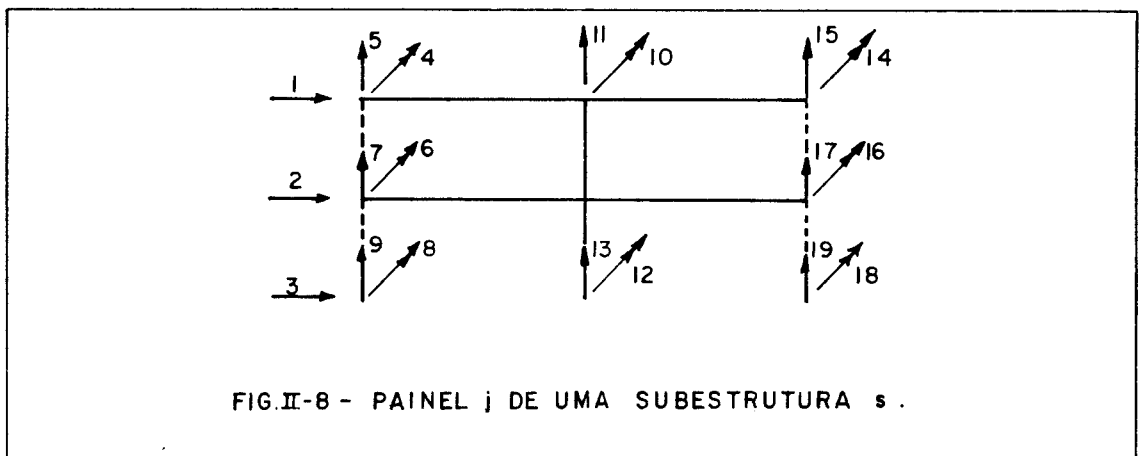
$$[RP]_s = \sum_{j=1}^{NP} [BJ]_s^{j^t} \cdot [RJ^*]_s^j \cdot [BJ]_s^j$$

$$[FP]_s = \sum_{j=1}^{NP} [BJ]_s^{j^t} \cdot \{FJ^*\}_s^j$$

onde:

$[RP]_s$ e $[FP]_s$ são respectivamente a matriz de rigidez e vetor dos esforços da subestrutura tridimensional genérica s , levando-se em conta a contribuição dos painéis apenas, que serão adicionados às contribuições dos tramos de pilares individuais, formando a matriz de rigidez e vetor dos esforços completos da subestrutura, $[RS]_s$ e $\{FS\}_s$.

A matriz de transformação $[BJ]_s^j$ de ordem $NEJ \times [3 \cdot (NNB+1)(NA(s)+1) + 2 \cdot NNE]$ vai depender do número de andares, número de prumadas de pilares, da posição do painel na subestrutura tridimensional e do tipo do mesmo. Assim para o painel j tipo 1 da Fig. II.8 numa posição genérica na subestrutura s , $[BJ]_s^j$ é dada por:



onde:

$$[b1] = \begin{bmatrix} -\text{sen}(AP(IA)-AI(I)) & \text{cos}(AP(IA)-AI(I)) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

AI(I) é o ângulo AI para o nó inicial do painel

$$[b2] = \begin{bmatrix} -\text{sen}(AP(IA)-AI(F)) & \text{cos}(AP(IA)-AI(F)) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

AI(F) é o ângulo AI para o nó final do painel

$$[b3] = \begin{bmatrix} \text{cos } AP(IA) & \text{sen } AP(IA) & -Z(I).\text{cos } AP(IA) + Y(I). \\ \text{sen } AP(IA) \end{bmatrix}$$

[I] = matriz identidade de ordem NCEP

Depois de conseguida a matriz de rigidez e o vetor dos esforços nas coordenadas da subestrutura tridimensional, o processo de cálculo continua de acordo com os itens que se seguirão, até se conseguir os deslocamentos nas coordenadas externas dos painéis, daí, com as equações (22) pode-se calcular:

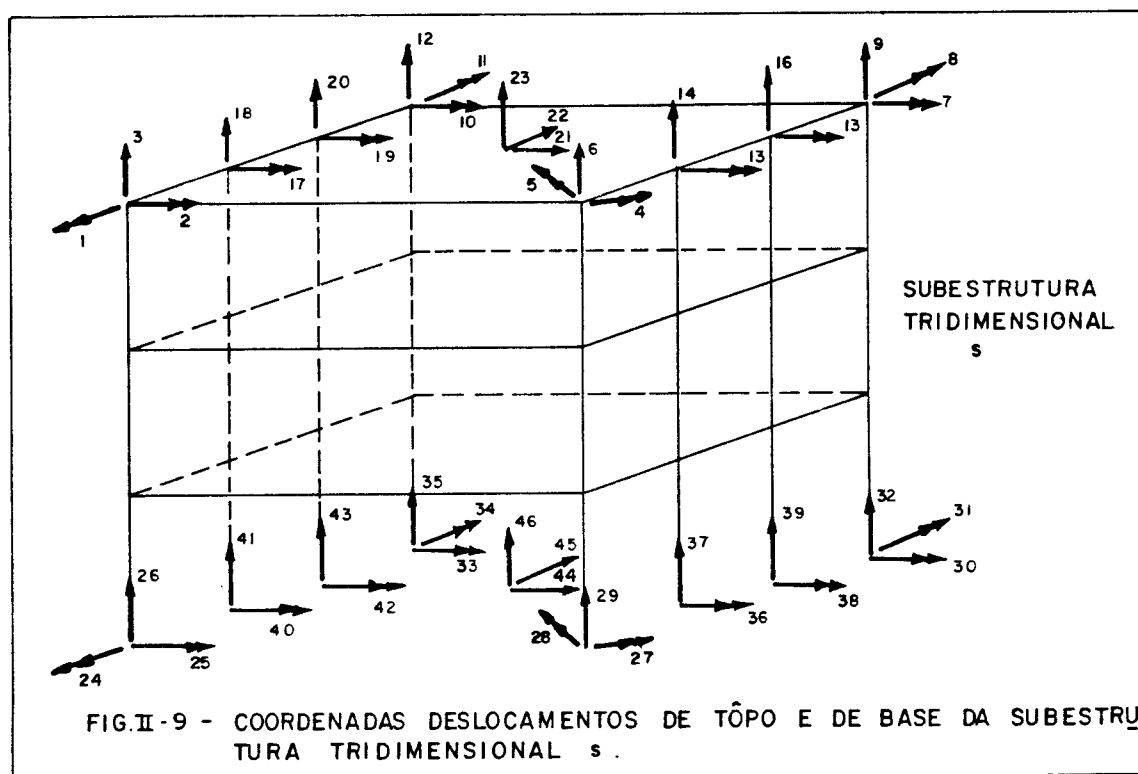
$$[DJI^*]^j = [L]^j{}^t \cdot \{DJI\}^j + [RN]^j{}^t \cdot \{DJE\}^j \quad (30)$$

ou

$$[L]^j{}^t \cdot \{DJI\}^j = (\{DJI^*\}^j - [RN]^j{}^t \cdot \{DJE\}^j) \quad (31)$$

8. Matriz de rigidez e vetor dos esforços da subestrutura tridimensional reduzidos às coordenadas de topo e de base da mesma

Obtida a matriz de rigidez e o vetor dos esforços da subestrutura tridimensional para as coordenadas mostradas na (Fig. II.2), deverá se fazer uma nova redução às coordenadas de topo e de base da subestrutura (Fig. II.9). Esta redução é conseguida de maneira idêntica à utilizada para reduzir as matrizes de rigidez e os vetores dos esforços dos painéis às coordenadas externas, ou seja, rearranjando-as de tal forma que as rigidezes e esforços referentes às coordenadas internas ocupem as primeiras posições, e aplicando o algoritmo abordado anteriormente (6).



Cada índice das equações de equilíbrio denota um grupo de nós de topo ou de base, associados a uma subestrutura. Certamente duas subestruturas adjacentes terão nós comun, e é assumido que os deslocamentos nodais comuns às subestruturas i e $i+1$ estarão incluídos no vetor $\{D\}_{i+1}$.

O método da eliminação em série, conforme o próprio nome diz, consiste em se eliminar os deslocamentos das equações de equilíbrio, num processo de substituições para frente, as quais são iniciadas eliminando-se os deslocamentos $\{D\}_1$, ou seja:

da equação (a):

$$\{D\}_1 = [R]_{1,1}^{-1} (\{F\}_1 - [R]_{1,2} \{D\}_2) \quad (32)$$

Substituindo a expressão (32) na eq. (b) e ajuntando os termos tem-se:

$$[R]_{2,2}^* \{D\}_2 + [R]_{2,3} \{D\}_3 = \{F\}_2^* \quad (33)$$

na qual

$$[R]_{2,2}^* = [R]_{2,2} - [R]_{2,1} [R]_{1,1}^{-1} [R]_{1,2} \quad (34)$$

$$\{F\}_2^* = \{F\}_2 - [R]_{2,1} [R]_{1,1}^{-1} \{F\}_1 \quad (35)$$

Este processo é repetido para cada subestrutura, e as equações de recorrência para a eliminação de $\{D\}_i$ para a i -ésima subestrutura são:

$$\{D\}_i = [R]_{i,i}^{*-1} (\{F\}_i^* - [R]_{i,i+1} \{D\}_{i+1}) \quad (36)$$

$$[R]_{i+1,i+1}^* \{D\}_{i+1} + [R]_{i+1,i+2} \{D\}_{i+2} = \{F\}_{i+1}^* \quad (37)$$

nas quais:

$$[R]_{i+1,i+1}^* = [R]_{i+1,i+1} - [R]_{i+1,i} [R]_{i,i}^{*-1} [R]_{i,i+1} \quad (38)$$

$$\{F\}_{i+1}^* = \{F\}_{i+1} - [R]_{i+1,i} [R]_{i,i}^{*-1} \{F\}_i^* \quad (39)$$

A última eliminação da série é representada pelas equações abaixo:

$$\{D\}_{n-1} = [R]_{n-1,n-1}^{*-1} (\{F\}_{n-1}^* - [R]_{n-1,n} \{D\}_n) \quad (40)$$

$$[R]_{n,n}^* \{D\}_n = \{F\}_n^* \quad (41)$$

$$[R]_{n,n}^* = [R]_{n,n} - [R]_{n,n-1} [R]_{n-1,n-1}^{*-1} [R]_{n-1,n} \quad (42)$$

onde:

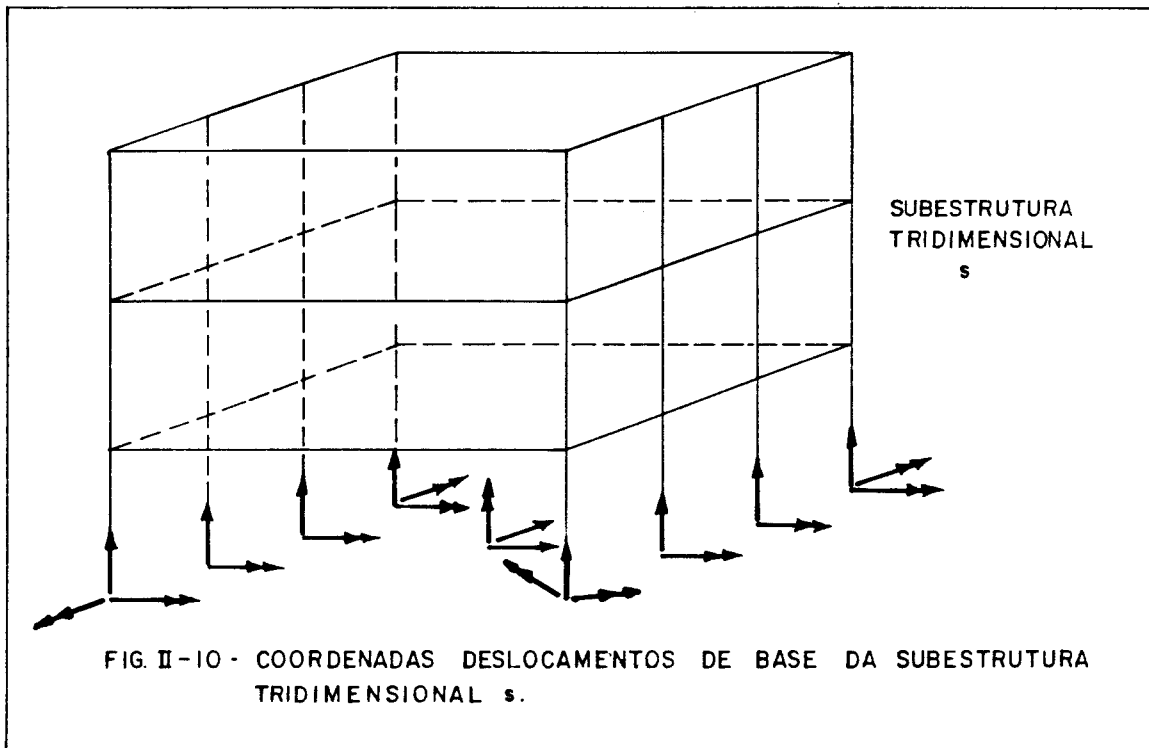
$$\{F\}_n^* = \{F\}_n - [R]_{n,n-1} [R]_{n-1,n-1}^{*-1} \{F\}_{n-1}^* \quad (43)$$

Já que $\{D\}_n$ é apenas um vetor deslocamento na eq. (41), os deslocamentos para a última subestrutura na ligação estrutura-fundação, podem ser impostos para as coordenadas onde os deslocamentos são impedidos ou existem recalques diferenciais, e calculados para as coordenadas onde os deslocamentos são livres.

Os deslocamentos nas coordenadas de topo desta subestrutura, que serão os de base da subestrutura imediatamente acima, serão determinados substituindo-se $\{D\}_n$ na eq. (40), e assim por retro-substituições é possível se calcular os deslocamentos em todas as coordenadas da estrutura.

Observando-se as equações de (32) a (43) nota-se que o processo da eliminação em série, nada mais é do que uma redução da matriz de rigidez e do vetor dos esforços às coordenadas de base de uma subestrutura tridimensional (Fig. II.10), acompanhada de uma soma dos mesmos, com os equivalentes da subestrutura subsequente, nas coordenadas de topo. Com isto pode-se utilizar nesta fase o mesmo algoritmo de cálculo⁽⁸⁾, para se reduzir matrizes de rigidez e vetores dos esforços às coordenadas externas, sendo que neste ponto, as coordenadas externas serão as coordenadas de base das subestruturas tridimensionais. Portanto o processo se iniciará na subestrutura superior, e se repetirá até se chegar na ligação estrutura-fundação, onde se terá três tipos de nós, quanto a possibilidade de deslocamento:

- a) Nós com todos os deslocamentos nulos (caso de estarem engastados).
- b) Nós com deslocamentos impostos e diferentes de zero, (caso de recalques diferenciais).
- c) Nós com deslocamentos livres.



O terceiro tipo de nós é onde estarão as incógnitas do sistema de equações resultante da eliminação em série. Para se resolver este sistema será utilizado o processo apresentado em⁽⁹⁾, assim para o sistema de equações genérico abaixo:

$$\begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \dots R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \dots R_{2n} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \dots R_{3n} \\ R_{41} & R_{42} & R_{43} \dots R_{4n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ R_{n1} & R_{n2} & R_{n3} \dots R_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \\ \vdots \\ \vdots \\ D_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \\ \vdots \\ \vdots \\ F_n \end{bmatrix} \quad (a)$$

Se $D_1 = \alpha$, onde α é um deslocamento imposto, é feita uma modificação no vetor carregamento de forma que $\bar{F}_i = F_i - R_{1,i} \cdot \alpha$ ($i=2, n$), e $\bar{F}_1 = \alpha$. A linha e a coluna da matriz correspondentes ao deslocamento imposto, serão feitas iguais a zero, exceto para o elemento da diagonal principal, o qual assumirá o valor unitário. O sistema de equações, após as modificações correspondentes ao deslocamento imposto D_1 , será:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \dots 0 \\ 0 & R_{22} & R_{23} & R_{24} \dots R_{2n} \\ 0 & R_{32} & R_{33} & R_{34} \dots R_{3n} \\ 0 & R_{42} & R_{43} & R_{44} \dots R_{4n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & R_{n2} & R_{n3} & R_{n4} \dots R_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \\ \vdots \\ \vdots \\ D_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha \\ F_2 - R_{21} \cdot \alpha \\ F_3 - R_{31} \cdot \alpha \\ F_4 - R_{41} \cdot \alpha \\ \vdots \\ \vdots \\ F_n - R_{n1} \cdot \alpha \end{bmatrix} \quad (b)$$

de tal maneira que a solução para D_1 seja α . Se existir mais deslocamentos impostos, por exemplo. $D_1 = \alpha$ e $D_3 = \beta$, fazendo modificações análogas às anteriores, para D_1 e D_3 , o sistema de equações será:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & R_{22} & 0 & R_{24} \dots R_{2n} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & R_{42} & 0 & R_{44} \dots R_{4n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & R_{n2} & 0 & R_{n4} \dots R_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \\ \vdots \\ \vdots \\ D_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha \\ F_2 - R_{21} \cdot \alpha - R_{23} \cdot \beta \\ \beta \\ F_4 - R_{41} \cdot \alpha - R_{43} \cdot \beta \\ \vdots \\ \vdots \\ F_n - R_{n1} \cdot \alpha - R_{n3} \cdot \beta \end{bmatrix} \quad (c)$$

Assim para i deslocamentos impostos, o procedimento será o mesmo, e obtido o sistema de equações modificado, bastará resolvê-lo para se obter o vetor deslocamentos na ligação estrutura fundação, o qual incluirá os deslocamentos impostos e os deslocamentos livres.

A partir do ponto em que se tem os deslocamentos na ligação estrutura-fundação, seguindo ainda o mesmo algoritmo de cálculo⁽¹⁰⁾, pode-se calcular os deslocamentos de toda estrutura, e também os deslocamentos em cada componente da estrutura, conseguindo daí, se calcular os esforços internos nos mesmos, que é o objetivo final deste trabalho.

CAPÍTULO III

PROGRAMA PARA O CÁLCULO COMPUTARIZADO

1. INTRODUÇÃO

A fim de se automatizar os procedimentos de cálculo descritos no capítulo anterior, para a obtenção dos esforços internos nos componentes da estrutura tridimensional, foi montado um programa em linguagem FORTRAN IV, para o computador IBM-370 com a utilização de memória auxiliar, onde são armazenados os dados de cada subestrutura tridimensional necessários ao prosseguimento dos cálculos numa fase posterior às suas obtenções.

Como as matrizes de rigidez são simétricas optou-se pelo armazenamento na forma de vetores, apenas das partes destas, superiores à diagonal principal inclusive; sobretudo para se reduzir o tamanho dos arquivos no disco da memória auxiliar.

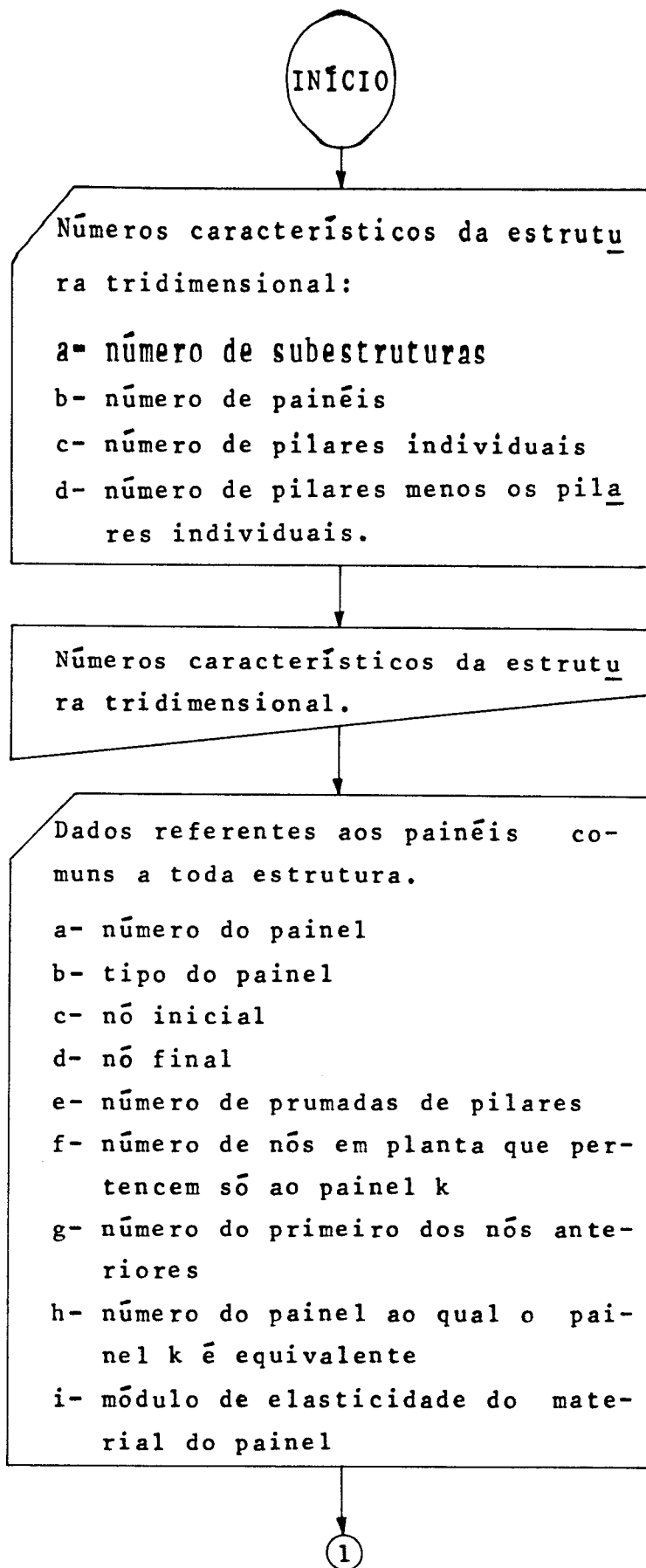
2. LIMITES DE UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA

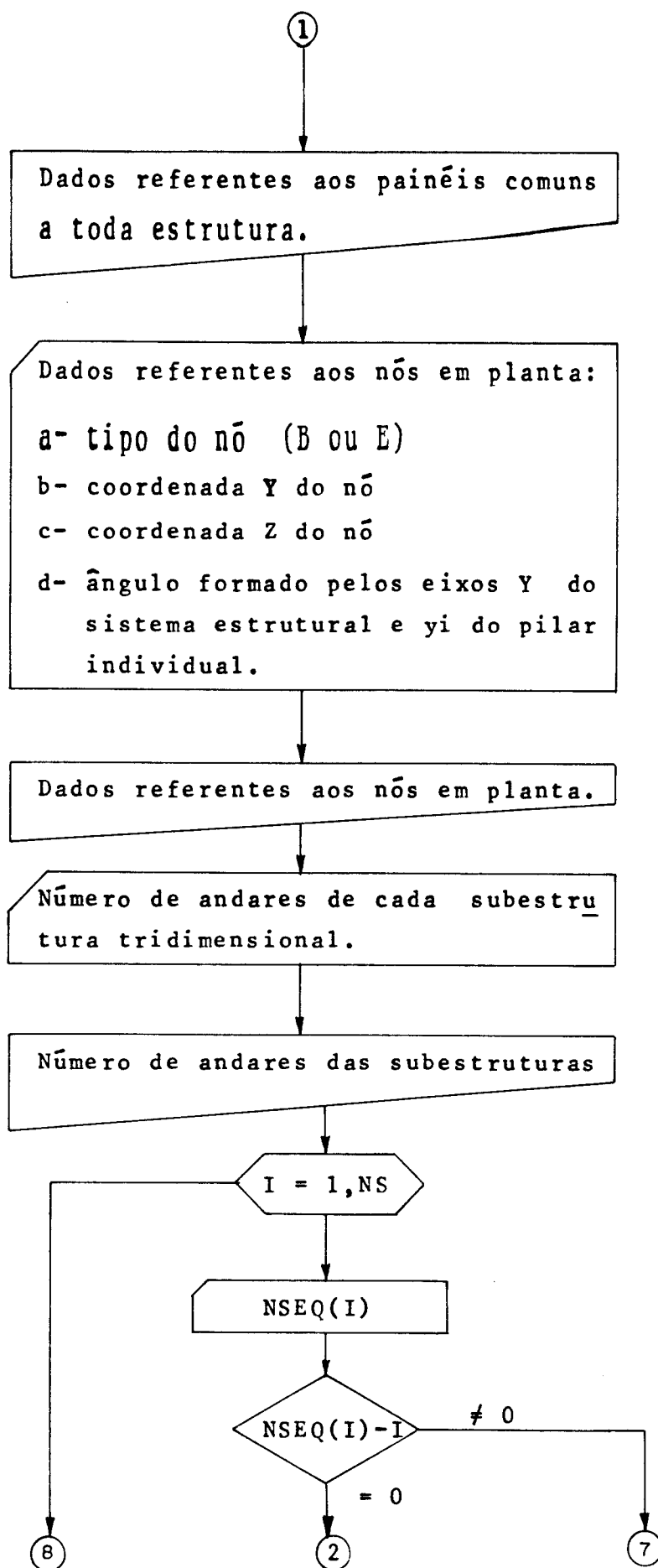
Devido ao fato de se trabalhar com subestruturas tridimensionais, e uma por vez na memória central do computador, os limites de utilização do programa, basicamente se restringirão à memória auxiliar. Para o novo sistema implantado (VM), no computador da EESC-USP (IBM-370), a máquina BATCH utilizada para executar o programa, tem 100 cilindros com uma disponibilidade de armazenagem de aproximadamente 14 mega-bytes. Assim sendo foi feito um dimensionamento das variáveis de modo a se respeitar esta disponibilidade e que engloba o maior número possível de casos de estruturas. Para tanto, optou-se, entre outros fatores, por um dimensionamento de forma a se poder ter muitos painéis com poucos nós, já que esta opção engloba a inversa, bastando para isto, repartir os painéis com muitas prumadas de pilares, em dois ou mais painéis, introduzindo na ligação destes um pilar individual.

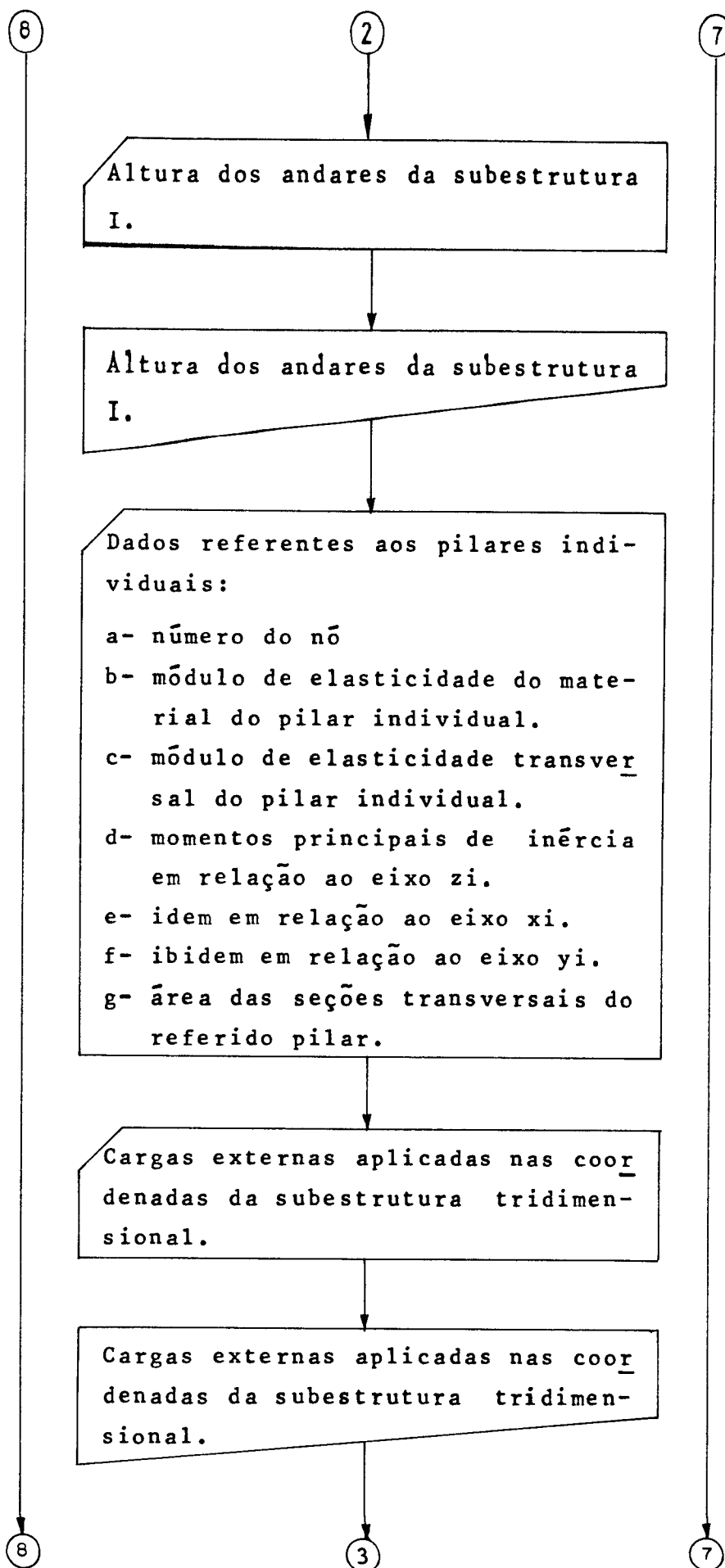
Os limites de dimensionamento escolhidos foram:

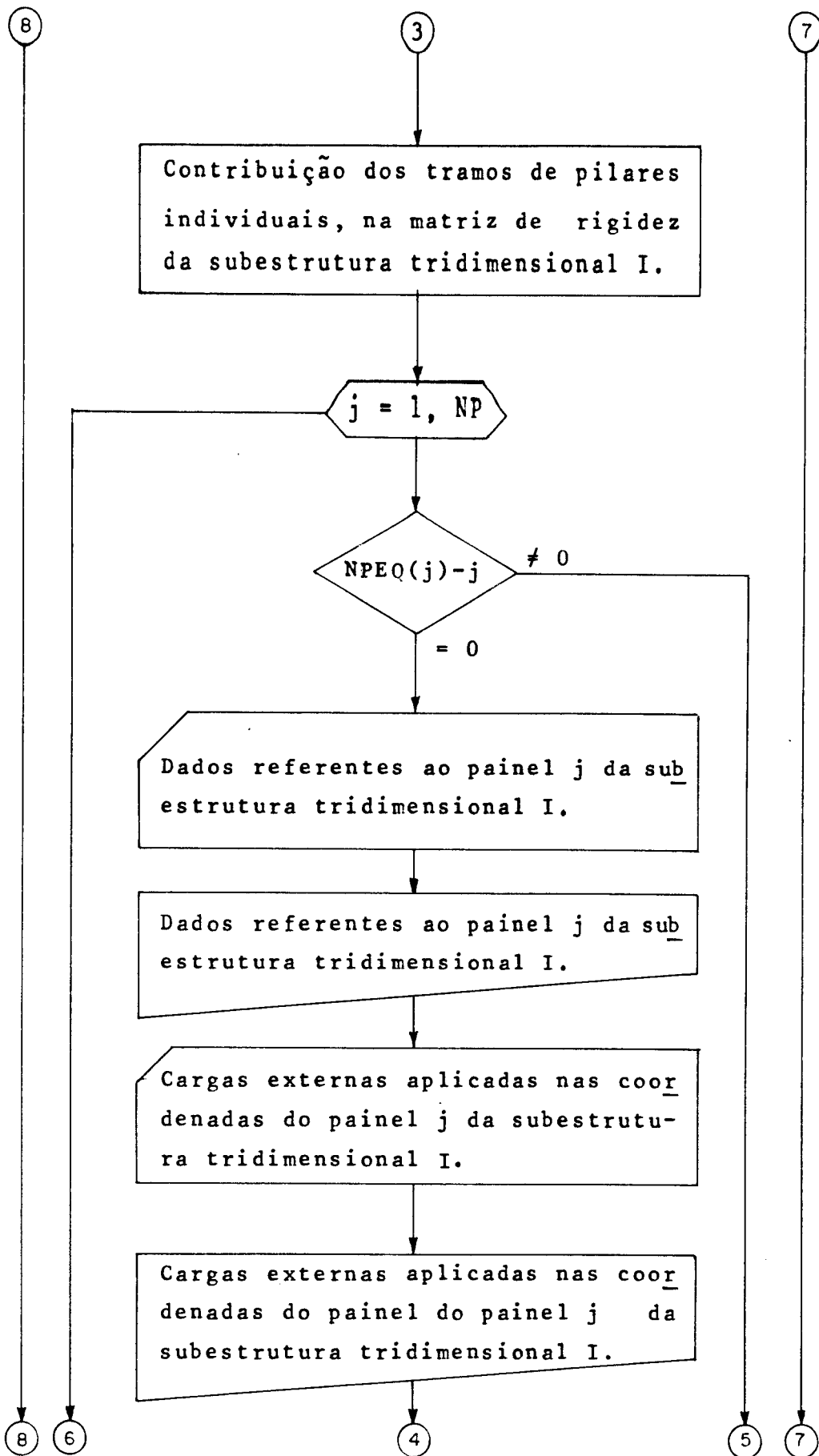
- Número de andares de cada subestrutura tridimensional ≤ 10
- Número de pilares individuais ≤ 30
- Número de painéis ≤ 33 diferentes painéis ou até 90, no caso de 57 serem repetidos
- Número de coordenadas de cada painel:
 $2(NA(S)+1).NC(j) + NA(S)+1 \leq 130$
- Número de prumadas de pilares dos painéis ≤ 17
- Número de coordenadas de cada subestrutura tridimensional:
 $3(NNB+1).(NA(S)+1) + 2NNE \leq 530$
- Número de coordenadas de topo e base das subestruturas tridimensionais:
 $6NNB + 4NNE + 6 \leq 338$
- Número de subestruturas tridimensionais ≤ 6 (*)

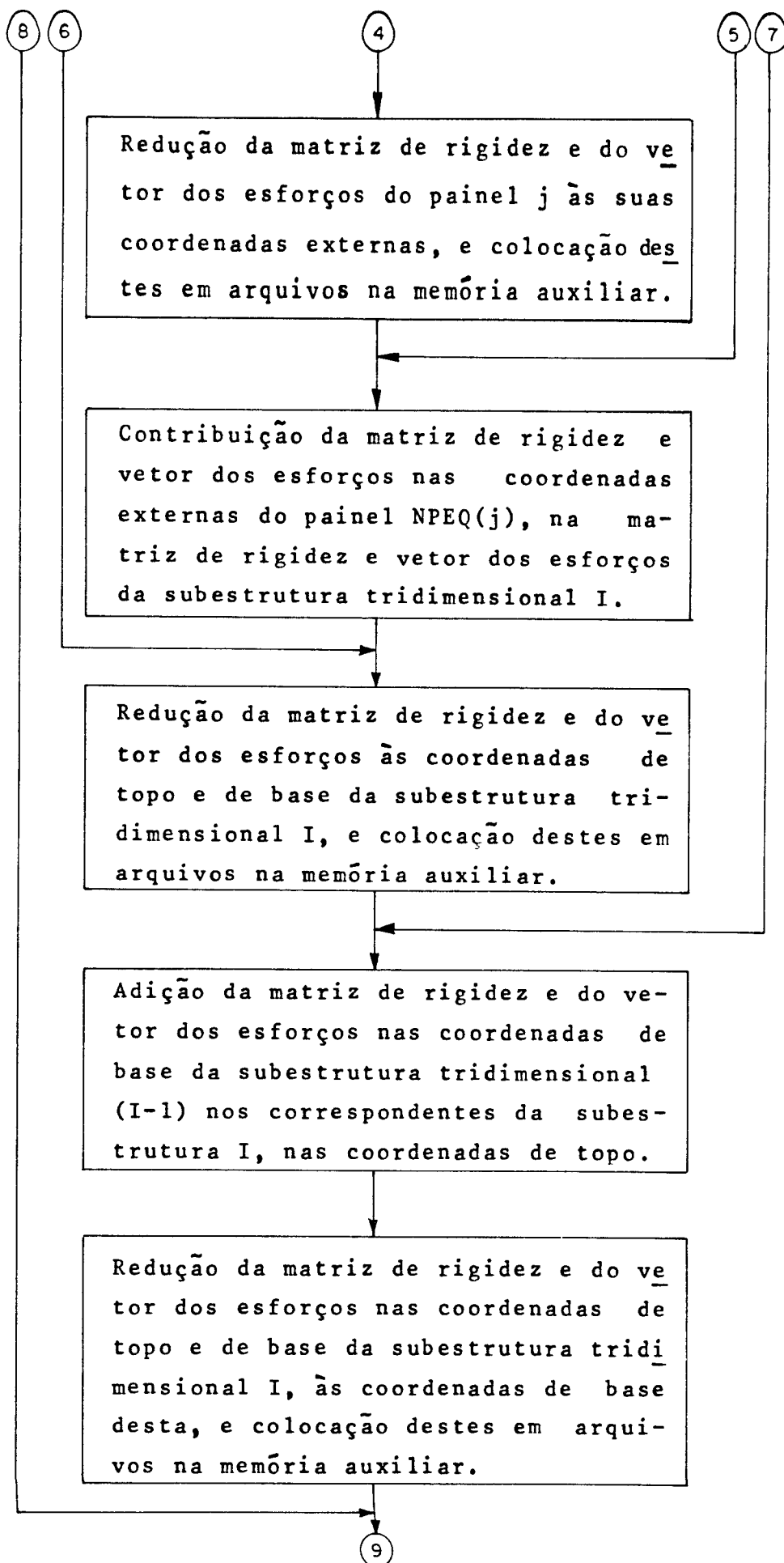
(*) Este limite poderá ser maior no caso de não se estar usando toda a área disponível para se arquivar dados referentes à painéis, ou ainda, no caso de se ter subestruturas com mesma geometria e carregamento.

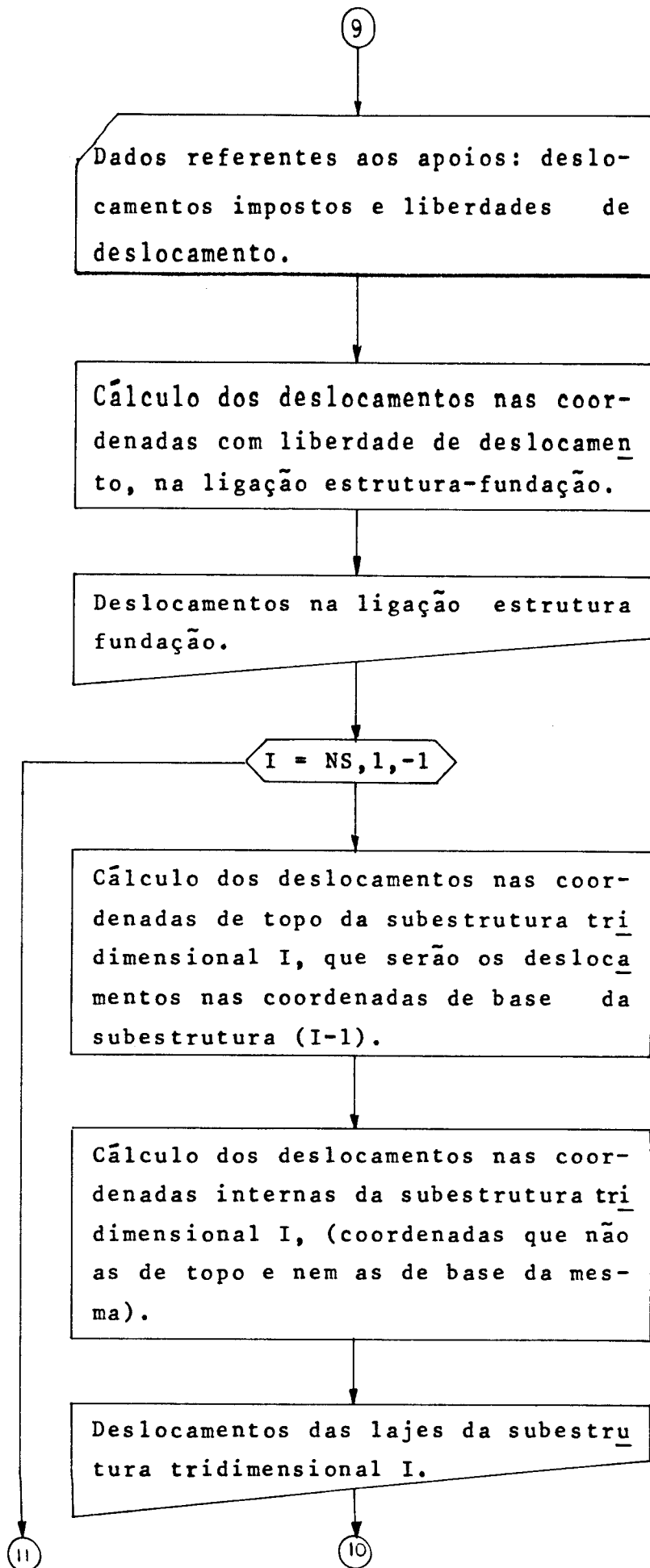
3. FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO

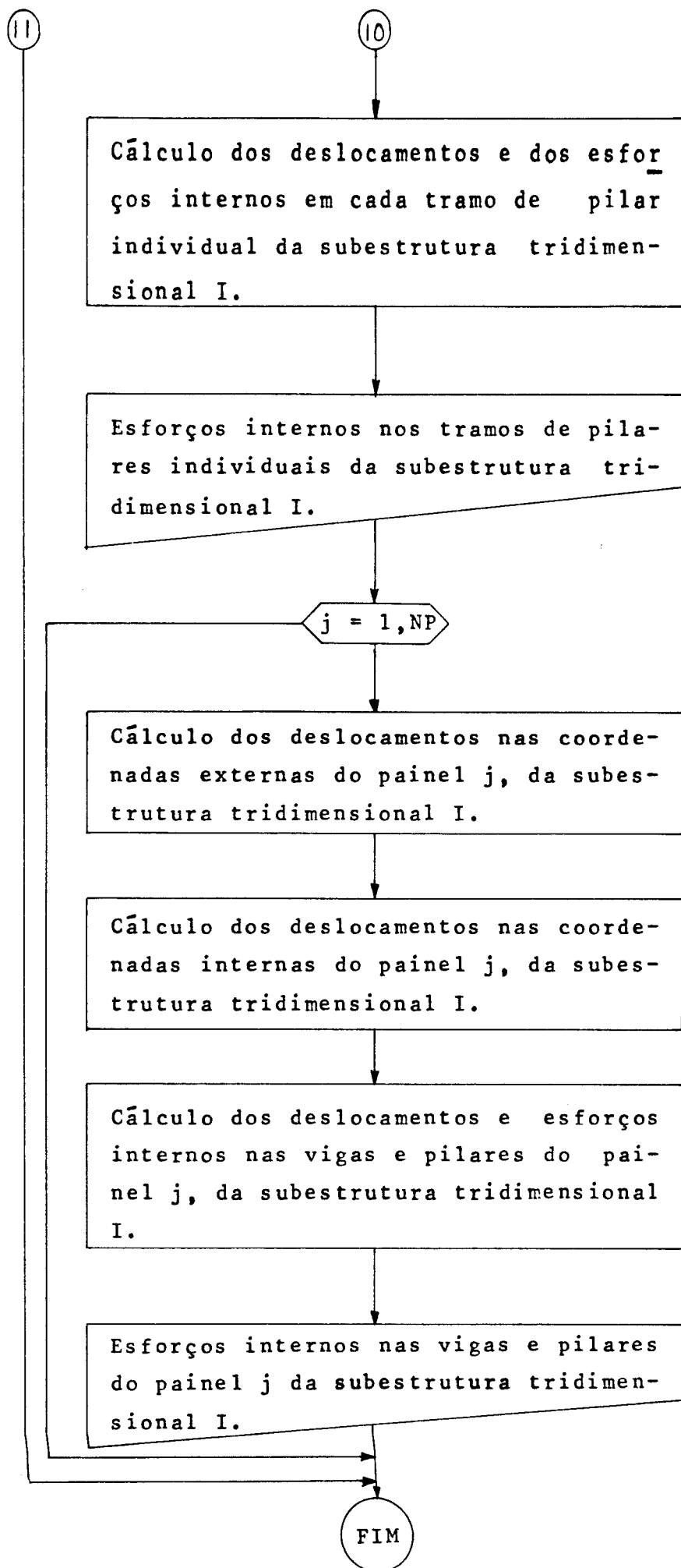












4. PREPARAÇÃO DE DADOS DE ENTRADA

Os dados de entrada serão fornecidos de acordo com a tabela III.1 para as variáveis identificadas na tabela III.2. Os valores entre parêntesis na tabela III.1, significam o número da observação dada ao final da referida tabela, relativa à leitura onde estes aparecem.

Tabela III.1

DADOS		Número de registros por grupo de leituras entre duas horizontais.	Número de vezes que o grupo de leituras é repetido.	Número de valores por registro.	Formato
Dados relativos à estrutura tridimensional.	a- NTIT(1B) (1) b- NUNI(1B) (2) c- NS, NP, NNB, NNE	1 1 1	1	40 20 4	40A2 20A2 4I3
Dados relativos aos painéis, que são constantes para toda a estrutura.	a- K, NTP(K), IP(K), FP(K), NC(K), NNCP(K), NPNE(K), NPEQ(K), E	NP	NP	9	8I3, F10.0
Dados relativos aos nós em planta.	a- K, NTN(K), Y(K), Z(K), AI(K)	NNB + NNE	NNB + NNE	5	2I3, 3F10.0
Número de entradas das subestruturas.	a- KA(I)	1	1	NS	10I3
Número da subestrutura tridimensional anterior, que é equivalente à subestrutura I.	a- NSEQ(I)	1	1	NS	13

Tabela III-1 - Cont.

DADOS		Número de registros por grupo de leituras em tre duas horizontais.	Número de vezes que o grupo de leituras é repetido.	Número de valores por registro.	Formato	
DADOS RELATIVOS A UMA SUBESTRUTURA TRIDIMENSIONAL NÃO REPETIDA.	Dados relativos ao comprimento de subestrutura.	a- I, IS	1	1	NA(I)	8F10.0
	Dados relativos a cada pilar individual.	a- NO, E, G b- IZP(I, K), IXP(I, K), IYP(I, K), AXP(I, K)	1 1	NNS	3 NA(I)	13, 2F10.0 8F10.0
	Dados relativos ao comprimento da subestrutura.	a- NAC	1	1	1	I3
	Dados relativos a cargas de cada andar.	a- NAN, NNC, NCL b- NN, A ₁ , A ₂ , A ₃ (3) c- A ₁ , A ₂ , A ₃ (4)	1 NNC 1	NAC	3 4 3	3I3 13, 3F10.0 3F10.0
	Dados relativos a um painel não repetido.	a- I(K) b- AXP(I, K) c- IZP(I, K) d- IZV(I, K)	1 NC(IA) NC(IA) NA(I)	1	NC(IA)-1 NA(I) NA(I) NC(IA)-1	8F10.0 8F10.0 8F10.0 8F10.0
	Dados relativos às cargas do painel.	a- NNCJ, NACJ b- FJ(I) (5) c- NV, NH, A1J, A2J (6)	1 1 NNC	1	2 NA(I) 4	2I3 8F10.0 2I3, 2F10.0
	Dados referentes à ligação estrutura-fundação.	a- NZR, NNCRI, NNCL b- K, AUX(1), AUX(2), AUX(3) c- K, LR(1), LR(2), LR(3)	1 NNCRI NNCL	1	3 4 4	3I3 13, 3F10.0 4I3

OBSERVAÇÕES

- (1) NTIT, representa um título dado ou uma frase que caracterize a estrutura tridimensional em estudo. Este deverá ser fornecido em um registro, contendo até 80 caracteres alfa numéricos, que serão impressos a partir da coluna 20 da folha de impressão.
- (2) NUNI, representa as unidades que serão usadas, para a estrutura tridimensional em questão. São válidas aqui as mesmas observações para a variável NTIT.
- (3), (4), (5), (6) Cada uma destas leituras, só será efetuada se $NNC > 0$, $NCL > 0$, $NNCJ > 0$, $NACJ > 0$, respectivamente.

Tabela III-2

Variáveis	Identificação
NTIT(IB)	título da estrutura em estudo
NUNI(IB)	unidades utilizadas
NS	número de subestruturas
NP	número de painéis
NNB	número de pilares individuais
NNE	número de nós em planta pertencentes a um <u>único</u> painel
K	número do painel, número do nó, dependendo da leitura ser referente a painéis ou a nós
NTP(K)	tipo do painel K
IP(K)	número do nó inicial do painel K
FP(K)	número do nó final do painel K
NC(K)	número de prumadas de pilares do painel K

Tabela III-2 cont.

Variáveis	Identificação
NNEP(K)	número de nós em planta que pertencem só ao painel K
NPNE(K)	número do primeiro dos nós em planta pertencentes apenas ao painel K, (lembrando que estes devem ser numerados sequencialmente no sentido início-fim do painel)
NPEQ(K)	número do painel anterior que é equivalente ao painel K, em características e carregamento, (se este não existir, NPEQ(K) deve ser igual a K)
E	módulo de elasticidade do material do painel K
NTN(K)	tipo do nó K, (se NTN(K)=0, o nó pertence a um pilar individual, se NTN(K)≠0 o nó corresponde a um pilar pertencente a um único painel)
Y(K)	coordenada Y do nó
Z(K)	coordenada Z do nó, (será necessário fornecer Y(K) e Z(K) apenas para os pilares individuais e para os de início e fim de painéis)
AI(K)	ângulo formado pelos eixos Y do sistema estrutural e yi do pilar individual, onde yi é um eixo principal de inércia do mesmo, medido a partir do primeiro no sentido de X, AI(K) deve ser fornecido apenas para os pilares individuais
NA(I)	número de andares da subestrutura I
NSEQ(I)	número da subestrutura anterior que é equivalente à subestrutura I, em características e carregamento, (se esta não existir, NSEQ(I) deve ser igual a I).

Tabela III-2 cont.

Variáveis	Identificação
H(IS)	altura do andar IS da subestrutura I
NO	número do pilar individual
E	módulo de elasticidade do material do pilar individual
G	módulo de elasticidade transversal do material do pilar individual
IZP(I,K)	momento principal de inércia do iésimo pilar individual, andar K em relação ao eixo z_i , ou momento de inércia do pilar da prumada I, andar K em relação ao eixo perpendicular ao painel, no caso da leitura se referir à painéis
IXP(I,K)	momento de inércia do iésimo pilar individual, andar K, em relação ao eixo x_i
IYP(I,K)	momento principal de inércia do mesmo pilar em relação ao eixo y_i
AXP(I,K)	área da seção transversal do referido pilar, ou do pilar da prumada I, andar K do painel, no caso da leitura se referir à painéis.
NAC	número de andares carregados da subestrutura
NAN	número do andar carregado
NNC	número de nós carregados no andar NAN
NCL	número referente ao carregamento da laje do andar NAN, se $NCL = 0$, não existe cargas externas aplicadas nesta, se $NCL \neq 0$ existe pelo menos uma das três cargas da laje que é diferente de zero

Tabela III-2 cont.

Variáveis	Identificação
NN	número do nó carregado.
A1	momento fletor aplicado na direção de y_i para os nós, e esforço aplicado na direção de Y para as lajes.
A2	momento fletor aplicado na direção de z_i para os nós, e esforço cortante aplicado na direção de Z para as lajes.
A3	esforço normal aplicado para os nós, e momento torçor aplicado para as lajes.
T(K)	comprimento das vigas imediatamente a direita da prumada K de pilares, (se o nó inicial do painel estiver a esquerda do observador).
IZV(K, I)	momento de inércia da viga do andar I e imediatamente a direita da prumada K de pilares, para o nó inicial do painel a esquerda do observador,
NNCJ	número de nós carregados do painel J.
NACJ	número de andares com cargas externas laterais aplicadas na altura dos andares do painel J.
FJ(I)	carga aplicada lateralmente no painel J, na altura da laje do andar I da subestrutura.
NV	número da prumada de pilar, a partir do nó inicial do painel J, onde se encontra o nó carregado do mesmo.
NH	número da horizontal, a partir do topo da subestrutura tridimensional, onde se encontra o nó carregado do painel J.

Tabela III-2 cont.

Variáveis	Identificação
A1J	momento aplicado no nó, na direção perpendicular ao painel J.
A2J	esforço normal aplicado no nó.
NZR	número referente à ligação estrutura-fundação, se NZR = 0, todos os nós são totalmente impedidos de se deslocarem, neste caso termina aqui a entrada de dados, se NZR é diferente de zero, existem nós com liberdade de deslocamentos e, ou, com deslocamentos impostos diferentes de zero.
NNCRI	número de nós com deslocamentos impostos diferentes de zero.
NNCL	número de nós com deslocamentos livres.
AUX(1)	rotação em torno do eixo y_i , para um pilar individual, e rotação em torno do eixo perpendicular ao painel, para um nó pertencente a apenas um painel.
AUX(2)	rotação em torno do eixo z_i , para um pilar individual, e translação na direção do eixo vertical para um nó pertencente a apenas um painel.
AUX(3)	translação na direção do eixo vertical x_i , para um pilar individual. Este valor deve ser ignorado para um pilar pertencente a um único painel.
LR(1)	número referente à restrição, à rotação em torno do eixo y_i para um pilar individual, e à rotação em torno do eixo perpendicular ao painel, para um nó pertencente a apenas um painel, se LR(i) = 0 o nó é livre para se

LR(2)	deslocar na sua coordenada i , caso contrário o nó é impedido nesta coordenada. número referente à restrição à rotação em torno do eixo z_i para um pilar individual, e à translação vertical para um nó pertencente a apenas um painel.
LR(3)	número referente à restrição à translação na direção do eixo vertical x_i para um pilar individual. Este valor deve ser ignorado para um pilar pertencente a um único painel.

5. LISTAGEM DO PROGRAMA EM LINGUAGEM FORTRAN

(Ver páginas seguintes)

```

SUBROUTINE FCWARD(N,FD)
C-----
C----- SOLUCAO DE UM SISTEMA DE EQUACCOES NO QUAL A MATRIZ DOS COEFICIEN-
C----- TES E TRIANGULAR INFERIOR
C-----
COMMON /TRES/AUX(40000)
DIMENSION FD(400)
DO 4 I=1,N
TEMP=FD(I)
IF(I-1)1,3,1
1 J=I-1
DO 2 K=1,J
L=I*(I-1)/2+K
2 TEMP=TEMP-AUX(L)*FD(K)
3 FD(I)=TEMP
4 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE BACK(N,FD)
C-----
C----- SOLUCAO DE UM SISTEMA DE EQUACCOES NO QUAL A MATRIZ DOS COEFICIEN-
C----- TES E TRIANGULAR SUPERIOR
C-----
COMMON /TRES/AUX(40000)
DIMENSION FD(400)
J=N+1
DO 4 I=1,N
J=J-1
TEMP=FD(J)
IF(J-N)2,1,2
1 FD(J)=TEMP
GO TO 4
2 J1=J+1
DO 3 K=J1,N
L=K*(K-1)/2+J
3 TEMP=TEMP-AUX(L)*FD(K)
FD(J)=TEMP
4 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE MADI(N,FD,VD)
C-----
C----- RESOLVE UM SISTEMA DE EQUACCOES NO QUAL A MATRIZ DOS COEFICIENTES
C----- E DIAGONAL
C-----
DIMENSION FD(400),VD(400)
DO 1 I=1,N
FD(I)=FD(I)/VD(I)
1 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE PMV(L,M,C)
C-----
C----- RESOLVE O PRODUTO DE UMA MATRIZ POR UM VETOR

```


C----

```

COMMON /TRES/AUX(40000)
COMMON /CUATRO/F(530),FC(400),RIG(78)
DIMENSION C(400)
IC=1
DO 1 I=1,L
FC(I)=0.
DC 1 J=1,M
FC(I)=FC(I)+AUX(IC)*C(J)
IC=IC+1
1 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE RN(NI,NEU,NRI)

```

C----

C---- TIRA DA MATRIZ DE RIGIDEZ A SUBMATRIZ RN

C----

```

COMMON /UM/R(140800)
COMMON /DCIS/RJ(140800)
COMMON /TRES/AUX(40000)
NT=NI+NEU
NAUX=(NT*NT+NT)/2
IF(NRI)4,4,2
2 DC 3 IB=1,NAUX
3 RJ(IB)=R(IB)
4 CONTINUE
I=1
DO 1 JA=1,NEU
NJ=NI+JA
DC 1 IB=1,NI
JT=NJ*(NJ-1)/2+1E
AUX(I)=RJ(JT)
I=I+1
1 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE RT(NI,NE,NRI)

```

C----

C---- TIRA DA MATRIZ DE RIGIDEZ A SUBMATRIZ RT

C----

```

COMMON /UM/R(140800)
COMMON /DCIS/RJ(140800)
COMMON /TRES/AUX(40000)
NT=NI+NE
NAUX=(NT*NT+NT)/2
IF(NRI)4,4,2
2 DC 3 IB=1,NAUX
3 RJ(IB)=R(IB)
4 CONTINUE
I=1
DO 1 IB=1,NI
DC 1 JA=1,NE
NJ=JA+NI
JT=NJ*(NJ-1)/2+1E

```

```

      AUX(I)=RJ(JT)
      I=I+1
1 CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE LNT(NI,NRI)
C-----
C----- TIRA DA MATRIZ DE RIGIDEZ AS SUBMATRIZES LN E LT
C-----
      COMMON /UM/R(140800)
      COMMON /DCIS/RJ(140800)
      COMMON /TRES/AUX(40000)
      NALX=(NI*NI+NI)/2
      IF(NRI)5,5,3
3 DO 4 IB=1,NALX
4 RJ(IB)=R(IE)
5 CONTINUE
      DO 1 IB=1,NI
      DO 1 JA=1,NI
      IF(JA-IB)1,2,2
2 JT=JA*(JA-1)/2+IB
      AUX(JT)=RJ(JT)
1 CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE RIGV(IKJ,E,L,IZV)
C-----
C----- CALCULA A MATRIZ DE RIGIDEZ DAS VIGAS
C-----
      REAL L,IZV
      COMMON /QUATRO/F(530),FC(400),RIG(78)
      AUX1=4.*E*IZV/L
      AUX2=1.5*AUX1/L
      AUX3=2.*AUX2/L
      AUX4=2.*E*IZV/L
      RIG(1)=AUX1
      RIG(2)=-AUX2*IKJ
      RIG(3)=AUX3
      RIG(4)=AUX4
      RIG(5)=-AUX2*IKJ
      RIG(6)=AUX1
      RIG(7)=AUX2*IKJ
      RIG(8)=-AUX3
      RIG(9)=AUX2*IKJ
      RIG(10)=AUX3
      RETURN
      END
      SUBROUTINE RVES(MA,NNE,MNE)
C-----
C----- REARRANJA O VETOR DOS ESFORÇOS DAS SUBESTRUTURAS, COLOCANDO NAS -
C----- PRIMEIRAS POSIÇÕES OS ESFORÇOS INTERNOS
C-----
      COMMON /TRES/AUX(40000)
      COMMON /QUATRO/F(530),FC(400),RIG(78)

```

```

      NI=3*NNB+2*NNE+3
      NE=3*(NA-1)*(NNE+1)+1
      NUI=3*NNB*NA+2*NNE+3*NA
      NIA=NI+1
      DO 1 JA=1,NUI
      AUX(JA)=F(JA)
1 CONTINUE
      DO 2 JA=1,NI
      F(NE)=AUX(JA)
2 NE=NE+1
      NE=1
      DO 3 JA=NIA,NUI
      F(NE)=AUX(JA)
      NE=NE+1
3 CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE RVDS(NA,NNE,NNE)
C----
C---- COLOCA OS DESLOCAMENTOS DAS SUBESTRUTURAS NA NUMERACAO INICIAL
C----
      COMMON /TRES/AUX(40000)
      COMMON /QUATRO/F(530),FC(400),RIG(78)
      NI=3*NNB+2*NNE+3
      NUI=3*NNB*NA+2*NNE+3*NA
      NE=3*(NA-1)*(NNE+1)+1
      NIA=NI+1
      DO 1 JA=1,NUI
      AUX(JA)=F(JA)
1 CONTINUE
      DO 2 JA=1,NI
      F(JA)=AUX(NE)
2 NE=NE+1
      NE=1
      DO 3 JA=NIA,NUI
      F(JA)=AUX(NE)
      NE=NE+1
3 CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE PILAR(NSD,NA,NNE)
C----
C---- CALCULA AS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS E ELASTICAS DOS PILARES IN-
C---- DIVIDUAIS DE CADA SUBESTRUTURA
C----
      REAL AXP(30,10),IZP(30,10),IXP(30,10),IYP(30,10)
      COMMON /CINCO/H(10),NEANI(90)
      NR=1
      NW=C
      WRITE(NW,1)
1 FORMAT(///,3X,'PILAR  ANDAR  AREA DO PIL.  MOM. INER. Z  MOM.
*INER. X  MOM. INER. Y  MOD. ELASTI.  M. EL. TRAN.')
```

DC 5 I=1,NNE

```

RIG(9)=-AUX3
RIG(10)=AUX1
RIG(11)=0.
RIG(12)=-AUX2
RIG(13)=C.
RIG(14)=C.
RIG(15)=AUX2
RIG(16)=AUX3
RIG(17)=0.
RIG(18)=-AUX4
RIG(19)=AUX3
RIG(20)=0.
RIG(21)=AUX4
4 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE MATDE(N,M,VD)

```

```

C----
C---- TRIANGULARIZA A MATRIZ E RESOLVE UM SISTEMA DE EQUACOES PELO PRO-
C---- CESSO DE GAUSS.
C----

```

```

COMMON /DCIS/RJ(140000)
COMMON /TRES/AUX(40000)
DIMENSION VD(400)
Nk=C
DO 4 I=1,M
J=I*(I-1)/2+1
BAUX=RJ(J)
VD(I)=RJ(J)
IF (ABS(BAUX)-1.E-20) 8,8,1
1 ICCNT=I+1
2 K=(ICCNT-1)*ICCNT/2+1
BAUX=-RJ(K)/RJ(J)
JL=ICCNT
AUX(ICCNT)=AUX(ICCNT)+BAUX*AUX(J)
DO 3 JC=ICCNT,N
K=(JC-1)*JC/2+1
L=(JC-1)*JC/2+JL
RJ(L)=RJ(L)+BAUX*RJ(K)
3 CONTINUE
ICCNT=ICCNT+1
IF (ICCNT-N) 2,2,4
4 CONTINUE
DO 5 I=1,M
J=I*(I-1)/2+1
JAU=I+1
DO 5 L=JAU,N
K=L*(L-1)/2+1
RJ(K)=RJ(K)/RJ(J)
5 CONTINUE
IF (M-N+1) 10,6,10
6 CONTINUE
DO 7 I=1,N
K=I*(I-1)/2+1

```

```

7  AUX(I)=AUX(I)/RJ(K)
   J=N+1
   DO 24 I=1,N
   J=J-1
   BAUX=AUX(J)
   IF(J-N)22,21,22
21  AUX(J)=BAUX
   GO TO 24
22  J1=J+1
   DO 23 K=J1,N
   L=K*(K-1)/2+J
23  BAUX=BAUX-RJ(L)*ALX(K)
   AUX(J)=BAUX
24  CONTINUE
   GO TO 10
8  WRITE(NK,9)
9  FORMAT(///,24X,'ELEMENTO NULO NA DIAGONAL PRINCIPAL')
10  CONTINUE
   RETURN
   END
   SUBROUTINE RIGPI(E,G,L,AXP,IXF,IYP,IZP)

```

C-----

C----- CALCULA A MATRIZ DE RIGIDEZ DOS TRAMOS DE PILARES INDIVIDUAIS

C-----

```

REAL L,IZP,IXF,IYP
COMMON /QUATRO/F(530),FC(400),RIG(78)
AUX1=4*E*IYP/L
AUX2=4*E*IZP/L
AUX3=E*AXP/L
AUX4=1.5*AUX1/L
AUX5=1.5*AUX2/L
AUX6=2*AUX4/L
AUX7=2*AUX5/L
AUX8=G*IXP/L
DO 1 J=1,78
1  RIG(J)=C.
   RIG(1)=AUX1
   RIG(3)=AUX2
   RIG(6)=AUX3
   RIG(8)=-AUX5
   RIG(10)=AUX7
   RIG(11)=AUX4
   RIG(15)=AUX6
   RIG(21)=AUX8
   RIG(22)=AUX1/2.
   RIG(26)=AUX4
   RIG(28)=AUX1
   RIG(30)=AUX2/2.
   RIG(32)=-AUX5
   RIG(36)=AUX2
   RIG(39)=-AUX3
   RIG(45)=AUX3
   RIG(47)=AUX5
   RIG(49)=-AUX7

```

```

RIG(53)=AUX5
RIG(55)=AUX7
RIG(56)=-AUX4
RIG(60)=-AUX6
RIG(62)=-AUX4
RIG(66)=AUX6
RIG(72)=-AUX8
RIG(78)=AUX8
RETURN
END
SUBROUTINE RVEF(NA,NC,NTP,FJ)
C-----
C----- REARRANJA O VETOR DOS ESFORÇOS DE CADA PAINEL DE UMA SUBESTRUTURA
C----- COLOCANDO OS ESFORÇOS INTERNOS NAS PRIMEIRAS POSIÇÕES
C-----
COMMON /TRES/AUX(40000)
DIMENSION FJ(130)
NT=2*(NA+1)*NC+NA+1
IF(NTP-2)1,2,3
1 NCI=2*(NA-1)*(NC-2)
  NUI=NT-2*NA-4
  NPIA=3*NA+NCI+5
  NN=1
  NK=3*NA+6
  NEA=5*NA+4
  GO TO 4
2 NCI=2*(NA-1)*(NC-1)
  NUI=NT-2
  NPIA=3*NA+NCI+5
  NN=1
  NK=3*NA+6
  NEA=5*NA+4
  GO TO 4
3 NCI=2*(NA-1)*NC
  NUI=NT-2
  NPIA=NA+NCI+3
  NN=C
  NK=NA+4
  NEA=3*NA+2
4 CONTINUE
  NI=NCI+1
  NE=1
  NPI=NPIA
  DO 5 JA=1,NUI
    AUX(JA)=FJ(JA)
5 CONTINUE
50 CONTINUE
  DO 6 JA=NI,NPI
    FJ(JA)=AUX(NE)
6 NE=NE+1
  NI=NPI+1
  NPI=NI+3
  IF(NPI-NUI)7,7,8
7 NE=NE+2*(NA-1)

```

```

      GC TC 50
8  CONTINUE
      NIA=NN
      NI=NK
      NE=NEA
      DO 10 JA=1,NCI
      FJ(JA)=AUX(NI)
      NI=NI+1
      IF(NI-NE)10,9,9
9  NI=NI+4
      NIA=NIA+1
      NE=3*(NA+1)+2*(NA+1)*NIA-1
10 CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE RVDP(NA,NC,NTP,FJ)
C----
C---- COLLECA OS DESLOCAMENTOS DOS PAINES NA NUMERACAO INICIAL
C----
      COMMON /TRES/AUX(40000)
      DIMENSION FJ(130)
      NT=2*(NA+1)*NC+NA+1
      IF(NTP-2)1,2,3
1  NCI=2*(NA-1)*(NC-2)
      NUI=NT-2*NA-4
      NPIA=3*NA+NCI+5
      NN=1
      NK=3*NA+6
      NEA=5*NA+4
      GC TC 4
2  NCI=2*(NA-1)*(NC-1)
      NUI=NT-2
      NPIA=3*NA+NCI+5
      NN=1
      NK=3*NA+6
      NEA=5*NA+4
      GC TC 4
3  NCI=2*(NA-1)*NC
      NUI=NT-2
      NPIA=NA+NCI+3
      NN=0
      NK=NA+4
      NEA=3*NA+2
4  CONTINUE
      NI=NCI+1
      NE=1
      NPI=NPIA
      DO 5 JA=1,NUI
      AUX(JA)=FJ(JA)
5  CONTINUE
50 CONTINUE
      DO 6 JA=NI,NPI
      FJ(NE)=AUX(JA)
6  NE=NE+1

```



```

      NI=NI+1
      NPI=NI+3
      IF(NPI-NU)7,7,8
7     NE=NE+2*(NA-1)
      GO TO 50
8     CONTINUE
      NIA=NA
      NI=NK
      NE=NEA
      DO 10 JA=1,NCI
      FJ(NI)=ALX(JA)
      NI=NI+1
      IF(NI-NE)10,9,9
9     NI=NI+4
      NIA=NIA+1
      NE=3*(NA+1)+2*(NA+1)*NIA-1
10    CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE RMRS(NA,NNE,NNE)

```

C----

C---- REARRANJA AS MATRIZES DE RIGIDEZ DAS SUBESTRUTURAS COLOCANDO A RI-

C---- GIDEZ EQUIVALENTE AS COORDENADAS INTERNAS NAS PRIMEIRAS POSICOES.

C----

```

      COMMON /UM/R(140800)
      COMMON /TRES/ALX(40000)
      DIMENSION AUZ(500)
      NT=3*(NNB+1)*(NA+1)+4*NNE
      NI=3*NNB+2*NNE+3
      NCI=3*(NNE+1)*(NA-1)
      NUI=3*(NNE+1)*NA+2*NNE
      NIA=NI+1
      DO 6 J1=1,NUI
      J3=NUI-J1+1
      NE=NCI+1
      DO 1 JA=1,NUI
      IF(JA-J3)20,31,31
30    JT=J3*(J3-1)/2+JA
      GO TO 32
31    JT=JA*(JA-1)/2+J3
32    CONTINUE
      AUZ(JA)=F(JT)
      1 CONTINUE
      DO 3 JA=1,NI
      IF(NE-J3)60,2,2
      2 JT=NE*(NE-1)/2+J3
      R(JT)=AUZ(JA)
      GO TO 3
60    JT=J3*(J3-1)/2+NE
      AUX(JT)=AUZ(JA)
      3 NE=NE+1
      NE=1
      DO 5 JA=NIA,NUI
      IF(NE-J3)50,4,4

```

```

4  JT=NE*(NE-1)/2+J3
   R(JT)=AUZ(JA)
   GC TC 5
50 JT=J3*(J3-1)/2+NE
   AUX(JT)=ALZ(JA)
5  NE=NE+1
6  CONTINUE
   DO 13 J1=1,NT
   J3=NT-J1+1
   NE=NCI+1
   DO 7 JA=1,NLI
   IF(J3-JA)34,33,33
33  JT=J3*(J3-1)/2+JA
   AUZ(JA)=R(JT)
   GC TC 7
34  JT=JA*(JA-1)/2+J3
   AUZ(JA)=ALX(JT)
7  CONTINUE
   DO 9 JA=1,N1
   IF(J3-NE)10,8,8
8  JT=J3*(J3-1)/2+NE
   R(JT)=AUZ(JA)
9  NE=NE+1
10 NE=1
   DO 12 JA=NIA,NUI
   IF(J3-NE)13,11,11
11  JT=J3*(J3-1)/2+NE
   R(JT)=AUZ(JA)
12 NE=NE+1
13 CONTINUE
   RETURN
   END
SUBROUTINE PANEL(M,NPAN,NA,NC,E,FJ)
C----
C---- LE AS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS E ELASTICAS DOS ELEMENTOS DOS
C---- PAINES, BEM COMO AS ACOES APLICADAS NO MESMO
C----
REAL IZV(16,10),IZP(30,10)
DIMENSION FJ(130),AXP(30,10),T(16)
NR=1
Nk=6
NB=NC-1
C      *****
C      * T(K)= COMPRIMENTO DAS VIGAS DA PRUMADA K. *
C      *****
500 READ(NR,500)(T(K),K=1,NB)
   FORMAT(8F10.0)
   DO 1 I=1,NC
C      *****
C      * AXP(I,K)= AREA DA SECAO TRANSVERSAL DO PILAR DA PRL- *
C      * MADA I, ANCOR K. *
C      *****
1 READ(NR,2)(AXP(I,K),K=1,NA)
2 FORMAT(8F10.0)

```

```

      DC 3 I=1,NC
C      ****
C      *   IZP(I,K)= MOMENTO DE INERCIA DO PILAR DA PRUMADA I, ' *
C      *           ANDAR K, EM RELACAO AO EIXO PERPENDICULAR' *
C      *           AO PAINEL. *
C      ****
3 READ(NR,4)(IZP(I,K),K=1,NA)
4 FORMAT(8F10.0)
      DC 5 I=1,NA
C      ****
C      *   IZV(K,I)= MOMENTO DE INERCIA DA VIGA DA PRUMADA K, ' *
C      *           ANDAR I, EM RELACAO AO EIXO PERPENDICULAR' *
C      *           AO PAINEL. *
C      ****
5 READ(NR,6)(IZV(K,I),K=1,NB)
6 FORMAT(8F10.0)
      NRE=NPAN+1
      WRITE(16,REC=NRE)E,AXP,IZP,IZV,7
      WRITE(NH,7)M
7 FORMAT(///,4X,'PAINEL - ',I2)
      WRITE(NH,8)
8 FORMAT(///,16X,'N. DA PRU.',5X,'N. DO AND.',5X,'AREA DO PILAR',5X,
*'M. DE IN. DO PILAR')
      DC 9 I=1,NC
      DC 9 K=1,NA
9 WRITE(NH,10)I,K,AXP(I,K),IZP(I,K)
10 FORMAT(2CX,I2,12X,I2,11X,E12.5,8X,E12.5)
      WRITE(NH,11)
11 FORMAT(///,16X,'N. DO AND.',5X,'N. DA PRU.',5X,'COMP. DA VIGA',5X,
*'M. DE IN. DA VIGA')
      DC 12 I=1,NA
      DC 12 K=1,NB
12 WRITE(NH,13)I,K,T(K),IZV(K,I)
13 FORMAT(2CX,I2,12X,I2,11X,E12.5,8X,E12.5)
      NAUX=2*(NA+1)*NC+NA+1
      DC 14 IA=1,NAUX
14 FJ(IA)=0.
C      ****
C      *   NNCJ= NUMERO DE NCS CORREGADAS. *
C      *   NACJ= NUMERO DE ANDARES COM CARGAS LATERAIS. *
C      ****
      READ(NR,15)NNCJ,NACJ
15 FORMAT(I3,I3)
      IF(NACJ)16,18,16
16 CONTINUE
C      ****
C      *   FJ(I)= ESFORCO LATERAL NO PAINEL, NO ANDAR I. *
C      ****
      READ(NR,17)(FJ(I),I=1,NA)
17 FORMAT(8F10.0)
18 CONTINUE
      IF(NNCJ)19,27,19
19 DO 21 I=1,NNCJ
C      ****

```

```

C      * NV= NUMERO DA VERTICAL, ONDE SE ENCONTRA O NO CARRE- *
C      *      GADO (A PARTIR DO NO INICIAL DO PAINEL). *
C      * NH= NUMERO DA HORIZONTAL, ONDE SE ENCONTRA O NO CAR- *
C      *      REGADO (A PARTIR DO TOPO DO PAINEL). *
C      * A1J= MOMENTO APLICADO NO NO. *
C      * A2J= ESFORÇO NORMAL APLICADO NO NO. *
C      * *****
C      READ(NR,2C)NV,NH,A1J,A2J
20  FORMAT(13,13,F10.0,F10.0)
      NI=2*(NV-1)*(NA+1)+2*NH+NA+1
      FJ(NI-1)=A1J
      FJ(NI)=A2J
21  CONTINUE
37  CONTINUE
      WRITE(NH,22)
22  FORMAT(///,24X,'N. DA COORD.',5X,'ESFORÇO EXTERNO NO PAINEL')
      DO 23 I=1,NAUX
23  WRITE(NH,24)I,FJ(I)
24  FORMAT(29X,13,16X,E12.5)
      RETURN
      END
      SUBROUTINE MRPS(NA,NC,NTP,NPAN)
C-----
C----- CALCULA A MATRIZ DE RIGIDEZ DO PAINEL DA SUBESTRUTURA
C-----
      REAL IZV(16,10),IZP(20,10)
      COMMON /DCIS/RJ(140800)
      COMMON /CLATRG/F(530),FC(400),RIG(78)
      COMMON /CINCC/H(10),NEAN(90)
      DIMENSION NCC(6),AXP(30,10),T(16)
      NH=6
      NB=NC-1
      NAUX=2*(NA+1)*NC+NA+1
      NRE=NPAN+1
      READ(16,REC=NRE)E,AXP,IZP,IZV,T
      L=(NAUX*NAUX+NALX)/2
      DO 2 J=1,L
      RJ(J)=0.
2  CONTINUE
      DO 3 J=1,NB
      AUX1=T(J)
      DO 3 K=1,NA
      AUX2=IZV(J,K)
      NCC(1)=2*(NA+1)*(J-1)+2*K+NA
      NCC(2)=NCC(1)+1
      NCC(3)=2*(NA+1)*J+2*K+NA
      NCC(4)=NCC(3)+1
      IKJ=1
      CALL RIGV(IKJ,E,AUX1,AUX2)
      L1=NCC(1)*(NCC(1)-1)/2+NCC(1)
      RJ(L1)=RJ(L1)+RIG(1)
      DO 3 M=2,4
      L2=(M-1)*M/2
      L3=L2+1

```

```

L4=M*(M+1)/2
DC 3 NUE=L3,L4
NE=NUE-L2
JL=NCC(NE)
JC=NCC(M)
JT=JC*(JC-1)/2+JL
RJ(JT)=RJ(JT)+RIG(NUE)
3 CONTINUE
IF(NTP-2)4,6,7
4 CONTINUE
IF(NC-2)13,13,5
5 INI=2
IFI=NC-1
GC TC 8
6 INI=2
IFI=NC
GC TC 8
7 INI=1
IFI=NC
8 CONTINUE
DC 12 K=1,NA
AUX1=F(K)
NCC(3)=K
NCC(6)=K+1
DC 12 J=INI,IFI
AUX2=AXP(J,K)
AUX3=IZP(J,K)
NCC(1)=2*(NA+1)*(J-1)+2*K+NA
NCC(2)=NCC(1)+1
NCC(4)=NCC(2)+1
NCC(5)=NCC(4)+1
CALL RIGP(E,AUX1,AUX2,AUX3)
L1=NCC(1)*(NCC(1)-1)/2+NCC(1)
RJ(L1)=RJ(L1)+RIG(1)
DC 12 M=2,6
L2=(M-1)*M/2
L3=L2+1
L4=M*(M+1)/2
DC 12 NUE=L3,L4
NE=NUE-L2
JL=NCC(NE)
JC=NCC(M)
IF(JL-JC)9,9,10
9 JT=JC*(JC-1)/2+JL
GC TC 11
10 JT=JL*(JL-1)/2+JC
11 RJ(JT)=RJ(JT)+RIG(NUE)
12 CONTINUE
13 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE RMRP(NA,NC,NTP)

```

C----

C---- REARRANJA A MATRIZ DE RIGIDEZ DE CADA PAINEL DE UMA SUBESTRUTURA,

C---- COLOCANDO A RIGIDEZ EQUIVALENTE AS COORDENADAS INTERNAS, NAS PRI-
 C---- MEIRAS POSICOES
 C----

```

  COMMON /DCIS/RJ(140800)
  COMMON /TRES/AUX(40000)
  DIMENSION AUZ(120)
  NT=2*(NA+1)*NC+NA+1
  IF(NTP-2)1,2,3
1  NCI=2*(NA-1)*(NC-2)
  NUI=NT-2*NA-4
  NPIA=3*NA+NCI+5
  NN=1
  NK=3*NA+6
  NEA=5*NA+4
  GO TO 4
2  NCI=2*(NA-1)*(NC-1)
  NUI=NT-2
  NPIA=3*NA+NCI+5
  NN=1
  NK=3*NA+6
  NEA=5*NA+4
  GO TO 4
3  NCI=2*(NA-1)*NC
  NUI=NT-2
  NPIA=NA+NCI+3
  NN=0
  NK=NA+4
  NEA=3*NA+2
4  CONTINUE
  DO 13 J1=1,NUI
  J3=NUI-J1+1
  NI=NCI+1
  NE=1
  NPI=NPIA
  DO 5 JA=1,NUI
  IF(JA-J3)30,31,31
30  JT=J3*(J3-1)/2+JA
  GO TO 32
31  JT=JA*(JA-1)/2+J3
32  CONTINUE
  AUZ(JA)=RJ(JT)
5  CONTINUE
120 CONTINUE
  DO 7 JA=NI,NPI
  IF(JA-J3)70,6,6
6  JT=JA*(JA-1)/2+J3
  RJ(JT)=AUZ(NE)
  GO TO 7
70  JT=J3*(J3-1)/2+JA
  AUX(JT)=ALZ(NE)
7  NE=NE+1
  NI=NPI+1
  NPI=NPI+3
  IF(NPI-NUI)8,8,9

```

```

8 NE=NE+2*(NA-1)
  GC TC 120
9 CONTINUE
  NIA=NN
  NI=NK
  NE=NEA
  DC 13 JA=1,NCI
  IF(JA-J3)110,10,10
10 JT=JA*(JA-1)/2+J3
  RJ(JT)=AUZ(NI)
  GC TC 11
110 JT=J3*(J3-1)/2+JA
  AUX(JT)=ALZ(NI)
11 NI=NI+1
  IF(NI-NE)13,12,12
12 NI=NI+4
  NIA=NIA+1
  NE=3*(NA+1)+2*(NA+1)*NIA-1
13 CONTINUE
  DC 23 J1=1,NT
  J3=NT-J1+1
  NPI=NPIA
  NI=NCI+1
  NE=1
  DC 14 JA=1,NCI
  IF(J3-JA)35,34,34
34 JT=J3*(J3-1)/2+JA
  AUZ(JA)=RJ(JT)
  GC TC 14
35 JT=JA*(JA-1)/2+J3
  AUZ(JA)=ALX(JT)
14 CONTINUE
140 CONTINUE
  DC 16 JA=NI,NPI
  IF(J3-JA)19,15,15
15 JT=J3*(J3-1)/2+JA
  RJ(JT)=AUZ(NE)
16 NE=NE+1
  NI=NPI+1
  NPI=NI+3
  IF(NPI-NCI)18,18,19
18 NE=NE+2*(NA-1)
  GC TC 140
19 CONTINUE
  NIA=NN
  NI=NK
  NE=NEA
  DC 22 JA=1,NCI
  IF(J3-JA)23,20,20
20 JT=J3*(J3-1)/2+JA
  RJ(JT)=AUZ(NI)
  NI=NI+1
  IF(NI-NE)22,21,21
21 NI=NI+4

```

```

      NIA=NIA+1
      NE=3*(NA+1)+2*(NA+1)*NIA-1
22  CONTINUE
23  CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE CEPES(NA,NNEP,NNE,NNE,AP,AI,AII,IP,IF,YI,ZI,NTP,NPNE)
C-----
C----- LEVA A CONTRIBUICAO DOS ESFORÇOS DOS PAINÉIS NOS ESFORÇOS DA
C----- SUBESTRUTURA
C-----
      COMMON /QUATRO/F(500),FC(400),RIG(78)
      COMMON /CINCO/H(10),NEANI(90)
      DIMENSION AUX(3)
      NAS=NA+1
      NCEP=2*NNEP
      D=CCS(AP)
      C=SIN(AP)
      CC=CCS(AP-AI)
      SE=SIN(AP-AI)
      CCL=CCS(AP-AII)
      SEL=SIN(AP-AII)
      AB=-ZI*D+YI*C
      DO 4 K=1,NAS
      IF(K-NAS)1,2,1
1  NL=3*NNB*K+2*NNE+3*(K-1)+1
      GO TO 3
2  NL=3*NNB*NAS+4*NNE+3*NA+1
3  CONTINUE
      AUX(1)=FC(K)*D
      AUX(2)=FC(K)*C
      AUX(3)=FC(K)*AB
      DO 4 I=1,3
      F(NL)=F(NL)+AUX(I)
      NL=NL+1
4  CONTINUE
      IF(NTP-2)8,9,117
8  KN=2
      GO TO 10
9  KN=1
10 CONTINUE
      NCI=3*(IP-NEANI(IP))+2*NEANI(IP)-2
      NCF=3*(IF-NEANI(IF))+2*NEANI(IF)-KN
      MAUX=NAS+1
      A=SE
      B=CC
      NL=NCI
      DO 23 J=1,KN
      DO 22 K=1,NAS
      AUX(1)=-FC(MAUX)*A
      AUX(2)=FC(MAUX)*B
      AUX(3)=FC(MAUX+1)
      DO 14 I=1,3
      F(NL)=F(NL)+AUX(I)

```



```

      NL=NL+1
14  CCNTINUE
      IF(J-2)15,16,16
15  NK=NCI
      IF(K-NA)18,17,22
17  NV=C
      GC TC 121
18  NV=2*NEANI(IP)
      GC TC 121
16  NK=NCF
      IF(K-NA)21,20,23
20  NV=0
      GC TC 121
21  NV=2*NEANI(IF)
121 CCNTINUE
      NL=NK-NV+3*K*(NNE+1)+2*NNE
      MAUX=MAUX+2
22  CCNTINUE
      NL=NCF
      A=SEL
      B=CCL
      MAUX=3*NAS+2*NCEP+1
23  CCNTINUE
117 CCNTINUE
      IF(NCEP)27,28,27
27  CCNTINUE
      IF(NTP-3)130,131,130
130 MAUX=3*NAS+1
      GC TC 132
131 MAUX=NAS+1
132 CCNTINUE
      KAUX=3*(NFNE-NEANI(NPNE))+2*NEANI(NPNE)-1
      NL=KAUX
      DO 33 I=1,2
      DO 32 J=1,NCEP
      F(NL)=F(NL)+FC(MAUX)
      IF(J-(J/2)*2)30,29,30
29  MAUX=MAUX+3
      GC TC 31
30  MAUX=MAUX+1
31  CCNTINUE
      NL=NL+1
32  CCNTINUE
      IF(NTP-3)230,231,230
230 MAUX=3*NAS+3
      GC TC 232
231 MAUX=NAS+3
232 CCNTINUE
      NL=3*NA*(NNE+1)+2*NNE+KAUX
33  CCNTINUE
28  CCNTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE CPIRS(NA,NNE,NNE,K,AI,YI,ZI,AXP,IZP,IXP,IYP,L,NNC,E,G)

```

C-----
 C----- LEVA A CONTRIBUICAO DE UM TRAMO DE PILAR INDIVIDUAL NA MATRIZ DE
 C----- RIGIDEZ DA SUBESTRUTURA
 C-----

```

REAL L, IZP, IXP, IYP
COMMON /UM/R(140000)
COMMON /QUATRO/F(530),FC(400),RIG(78)
COMMON /CINCO/F(10),NEANI(90)
DIMENSION ALX(3)
CALL RIGPI(E,G,L,AXP,IXP,IYP,IZP)
C=SIN(AI)
D=COS(AI)
AB=YI*C-ZI*D
AC=YI*D+ZI*C
NAS=NA+1
NB=K
NK=K
KB=4
KC=4
KD=5
KE=5
KF=6
KG=6
NJ=NEANI(NNC)
DC 16 JA=1,2
IF(NB-NAS)1,2,2
1 NL=3*NNB*NB+2*NNE+3*(NB-1)+1
GC TC 3
2 NL=3*NNB*NAS+4*NNE+3*NA+1
3 CONTINUE
JALX=NL+2
DC 15 J=JA,2
IF(NK-NAS)4,5,5
4 NC=3*NNB*NK+2*NNE+3*(NK-1)+1
GC TC 6
5 NC=3*NNB*NAS+4*NNE+3*NA+1
6 CONTINUE
NAUX=NC+2
JP=KC*(KC-1)/2+KE
JQ=KE*(KE-1)/2+KE
JR=KG*(KG-1)/2+KF
DO 14 J1=NL,JALX
IF(J1-(NL+1))7,8,9
7 AUX(1)=RIG(JP)*D**2+RIG(JQ)*C**2
AUX(2)=(RIG(JP)-RIG(JQ))*C*D
AUX(3)=RIG(JP)*D*AE-RIG(JQ)*C*AC
GC TC 10
8 AUX(1)=AUX(2)
AUX(2)=RIG(JP)*C**2+RIG(JQ)*D**2
AUX(3)=RIG(JP)*C*AB+RIG(JQ)*D*AC
GC TC 10
9 AUX(1)=RIG(JP)*D*AE-RIG(JQ)*C*AC
AUX(2)=AUX(3)
AUX(3)=RIG(JP)*AB**2+RIG(JQ)*AC**2+RIG(JR)

```

```

10 CONTINUE
   IF(JA-J)11,12,11
11 NU=NC
   I=1
   GO TO 13
12 NU=J1
   I=J1-NL+1
13 CONTINUE
   DO 14 K1=NU,NAUX
   JT=(K1-1)*K1/2+J1
   R(JT)=R(JT)+AUX(I)
   I=I+1
14 CONTINUE
   KC=10
   KE=11
   KG=12
   NK=NK+1
15 CONTINUE
   NB=NB+1
   NK=NK-1
   KB=10
   KD=11
   KF=12
16 CONTINUE
   KB=1
   KC=5
   KD=2
   KE=4
   NB=K
   NK=K
   DO 33 JA=1,2
   IF(NB-NAS)234,233,233
233 LN=2*NJ
   GO TO 235
234 LN=0
235 CONTINUE
   IF(NB-1)17,17,18
17 NL=3*(NNG-NJ)+2*NJ-2
   GO TO 19
18 NL=3*(NNE+1)*(NE-1)+2*NNE+3*(NAC-NJ)-2+LN
19 CONTINUE
   NAUX=NL+1
   DO 32 J=1,2
   IA=KB
   IB=KC
   IF(NK-NAS)20,21,21
20 NC=3*NB*NK+2*NNE+3*(NK-1)+1
   GO TO 22
21 NC=3*NB*NAS+4*NNE+3*NA+1
22 CONTINUE
   IF(IA-IB)60,60,61
60 JP=1E*(IB-1)/2+IA
   GO TO 62
61 JP=IA*(IA-1)/2+IE

```

```

62 CCNTINUE
  AUX1=-RIG(JP)*C
  AUX2=RIG(JP)*D
  AUX3=RIG(JP)*AC
  JAUX=NC+2
  DC 31 J1=NL,NAUX
  DC 30 K1=NC,JAUX
  IF(NC+1-K1)23,24,25
23 AUX4=AUX3
  GC TC 26
24 AUX4=AUX2
  GC TC 26
25 AUX4=AUX1
26 CCNTINUE
  IF(J1-K1)27,27,28
27 JT=K1*(K1-1)/2+J1
  GC TC 29
28 JT=J1*(J1-1)/2+K1
29 CCNTINUE
  R(JT)=R(JT)+AUX4
30 CCNTINUE
  IA=KC
  IB=KE
  IF(IA-IB)63,63,64
63 JP=IE*(IE-1)/2+IA
  GC TC 65
64 JP=IA*(IA-1)/2+IE
65 CCNTINUE
  AUX1=RIG(JP)*D
  AUX2=RIG(JP)*C
  AUX3=RIG(JP)*AB
31 CCNTINUE
  KC=11
  KE=10
  NK=NK+1
32 CCNTINUE
  NK=K
  NB=NB+1
  KB=7
  KC=5
  KD=E
  KE=4
33 CCNTINUE
  KB=1
  KC=1
  IA=KE
  IB=KC
  NI=2
  NB=K
  DC 42 JA=1,2
  IF(NB-NAS)134,133,133
133 LN=2*NJ
  GC TC 135
134 LN=C

```

```

135 CONTINUE
    IF(NB-1)34,34,35
34 NL=3*(NMC-NJ)+2*NJ-2
    GO TO 36
35 NL=3*(NNE+1)*(NE-1)+2*NNE+3*(NMC-NJ)-2+LN
36 CONTINUE
    NAUX=NL+2
    DO 41 J=1,NI
    IF(NK-NAS)137,136,136
136 LV=2*NJ
    GO TO 138
137 LV=C
138 CONTINUE
    IF(NK-1)37,37,38
37 NC=3*(NMC-NJ)+2*NJ-2
    GO TO 39
38 NC=3*(NNE+1)*(NK-1)+2*NNE+3*(NMC-NJ)-2+LV
39 CONTINUE
    K1=NC
    DO 40 J1=NL,NAUX
    JP=IB*(IE-1)/2+IA
    JT=K1*(K1-1)/2+J1
    R(JT)=R(JT)+RIG(JF)
    IA=IA+1
    IB=IB+1
    K1=K1+1
40 CONTINUE
    NK=NK+1
    IA=1
    IB=7
41 CONTINUE
    IA=7
    NK=NK-1
    NI=1
    NB=NB+1
42 CONTINUE
    RETURN
    END
    SUBROUTINE CPARS(MA,NNE,NNE,IF,IF,NTP,NNEP,AP,AI,AII,YI,ZI,
    *NI,NPNE)

```

C----

C---- LEVA A CONTRIBUICAC DE UM PAINEL NA MATRIZ DE RIGIDEZ DA SUBESTRU-

C---- TURA

C----

```

COMMON /UM/R(14CECC)
COMMON /DCIS/RJ(14CECC)
COMMON /CINCC/F(1C),NEANI(9C)
DIMENSION AUX(3)
NCI=3*(IP-NEANI(IP))+2*NEANI(IP)-2
NCF=3*(IF-NEANI(IF))+2*NEANI(IF)-2
SE=SIN(AP-AI)
SEL=SIN(AP-AII)
CC=CCS(AP-AI)
COL=CCS(AP-AII)

```

```

C=SIN(AP)
D=CCS(AP)
AB=Y1*C-Z1*D
NAS=NA+1
NCEP=2*NNEP
KM=NAS+1+NI
DG 118 K=1,NAS
LAUX=K+NI
IF(K-NAS)4,5,5
4 NC=3*ANB*K+2*NNE+3*(K-1)+1
GC TC 6
5 NC=3*ANB*NAS+4*NNE+3*NA+1
6 CONTINUE
JALX=NC+2
DC 20 I=K,NAS
IF(I-NAS)7,8,8
7 NL=3*ANB*I+2*NNE+3*(I-1)+1
GC TC 9
8 NL=3*ANB*NAS+4*NNE+3*NA+1
9 CONTINUE
NALX=NL+2
IAUX=I+NI
JP=IAUX*(IAUX-1)/2+LALX
DC 20 J1=NL,NAUX
IF(J1-(NL+1))10,11,12
10 AUX(1)=RJ(JP)*C**2
AUX(2)=RJ(JP)*C*D
AUX(3)=RJ(JP)*D*AE
GC TC 13
11 AUX(1)=AUX(2)
AUX(2)=RJ(JP)*C**2
AUX(3)=RJ(JP)*C*AE
GC TC 13
12 AUX(1)=RJ(JP)*D*AE
AUX(2)=AUX(3)
AUX(3)=RJ(JP)*AE**2
13 CONTINUE
IF(K-I)15,14,15
14 NU=J1
IA=J1-NL+1
GC TC 16
15 NU=NC
IA=1
16 CCNTINUE
DC 20 K1=NU,JALX
IF(J1-K1)17,17,18
17 JT=K1*(K1-1)/2+J1
GC TC 19
18 JT=J1*(J1-1)/2+K1
19 CCNTINUE
R(JT)=R(J1)+ALX(IA)
IA=IA+1
20 CCNTINUE
MAUX=NAS+1+NI

```

```

      IF(NTP-2)21,22,117
21  KN=2
      GC TC 23
22  KN=1
23  CONTINUE
      A=SE
      B=CC
      NL=NCI
      DO 38 J=1,KN
      DO 37 I=1,NAS
      NAUX=NL+2
      JP=MAUX*(MAUX-1)/2+LALX
      JQ=MAUX*(MAUX+1)/2+LALX
      DO 31 J1=NL,NAUX
      IF(J1-(NL+1))24,25,26
24  AUX(1)=-RJ(JP)*A*C
      AUX(2)=-RJ(JP)*A*C
      AUX(3)=-RJ(JF)*A*AE
      GC TC 27
25  AUX(1)=RJ(JF)*B*C
      AUX(2)=RJ(JP)*B*C
      AUX(3)=RJ(JP)*B*AE
      GC TC 27
26  AUX(1)=RJ(JC)*C
      AUX(2)=RJ(JC)*C
      AUX(3)=RJ(JC)*AE
27  CONTINUE
      IA=1
      DO 31 K1=NC,JAUX
      IF(J1-K1)28,28,29
28  JT=K1*(K1-1)/2+J1
      GC TC 30
29  JT=J1*(J1-1)/2+K1
30  CONTINUE
      R(JT)=R(JT)+AUX(IA)
      IA=IA+1
31  CONTINUE
      IF(J-2)32,33,33
32  NK=NCI
      IF(I-NA)35,34,37
34  NV=C
      GO TC 36
35  NV=2*NEANI(IP)
      GO TC 36
33  NK=NCF
      IF(1-NA)3C2,3C1,38
301  NV=C
      GO TC 36
302  NV=2*NEANI(IF)
36  CONTINUE
      NL=NK-NV+3*I*(NNE+1)+2*NNE
      MAUX=MAUX+2
37  CONTINUE
      NL=NCF

```

```

A=SEL
B=CCL
MALX=3*NAS+2*NCEP+1+NI
38 CONTINUE
MAUX=3*NAS+1+NI
117 CCNTINUE
IF(NCEP)118,118,42
42 KAUX=3*(NPNE-NEANI(NPNE))+2*NEANI(NPNE)-1
J1=KAUX
DC 57 I=1,2
DC 56 J=1,NCEP
JP=MAUX*(MALX-1)/2+LALX
DC 50 K1=NC,JALX
IF(K1-(NC+1))43,44,45
43 AUX2=RJ(JP)*D
GC TC 46
44 AUX2=RJ(JP)*C
GC TC 46
45 AUX2=RJ(JF)*AE
46 CCNTINUE
IF(J1-K1)47,47,48
47 JT=K1*(K1-1)/2+J1
GC TC 49
48 JT=J1*(J1-1)/2+K1
49 CCNTINUE
R(JT)=R(JT)+AUX2
50 CCNTINUE
IF(J-(J/2)*2)53,54,53
53 MALX=MAUX+1
GC TC 55
54 MALX=MALX+3
55 CCNTINUE
J1=J1+1
56 CCNTINUE
J1=3*NA*(MNB+1)+2*NNE+KAUX
IF(NTP-3)155,156,155
155 MALX=3*NAS+3+NI
GC TC 57
156 MAUX=NAS+3+NI
57 CCNTINUE
118 CCNTINUE
NC=NC1
IB=1
IF(NTP-3)58,119,58
58 DC 98 JA=1,KN
DC 97 K=1,NAS
IX=IB
NL=NC
IF(JA-1)60,60,59
59 A1=SEL
B1=CCL
KC=2
GC TC 161
60 A=SE

```



```

      B=CC
      KC=1
      A1=SE
      B1=CC
161 CCNTINUE
      MAUX=KM
      KA=KM
      NAUX=NC+2
      DC 80 J=KC,KN
      DO 79 I=IX,NAS
      JP=MAUX*(MALX-1)/2+KA
      JQ=MAUX*(MALX+1)/2+KA
      JR=JP+1
      JS=JQ+1
      JAUX=NL+2
      DC 72 J1=NC,NAUX
      IF(J1-(NC+1))62,63,64
62  AUX(1)=RJ(JP)*A1*A
      AUX(2)=-RJ(JP)*A1*B
      AUX(3)=-RJ(JQ)*A1
      GC TC 65
63  AUX(1)=-RJ(JP)*A*E1
      AUX(2)=RJ(JP)*B*E1
      AUX(3)=RJ(JQ)*B1
      GC TC 65
64  AUX(1)=-RJ(JR)*A
      AUX(2)=RJ(JR)*E
      AUX(3)=RJ(JS)
65  CCNTINUE
      IF(NC-NL)66,67,66
66  NU=NL
      IA=1
      GC TC 68
67  NU=J1
      IA=J1-NC+1
68  CCNTINUE
      DC 72 K1=NU,JAUX
      IF(J1-K1)413,413,414
413 JT=K1*(K1-1)/2+J1
      GC TC 415
414 JT=J1*(J1-1)/2+K1
415 R(JT)=R(JT)+ALX(IA)
      IA=IA+1
72  CCNTINUE
      MAUX=MAUX+2
      IF(J-2)74,75,75
74  NK=NC1
      IF(I-NA)305,304,75
304 NV=C
      GC TC 78
305 NV=2*NEANI(IP)
      GC TC 78
75  NK=NCF
      IF(I-NA)308,307,80

```

```

307 NV=C
    GO TC 78
308 NV=2*NEANI(IF)
78 CONTINUE
    NL=NK-NV+3*I*(NNE+1)+2*NNE
79 CONTINUE
    NL=NCF
    IX=1
    MAUX=3*NAS+2*NCEF+1+NI
    A=SEL
    B=CCL
80 CONTINUE
    IF(NCEF)121,121,81
81 J1=KAUX
    MAUX=3*NAS+1+NI
    KA=KM
    DC 91 I=1,2
    DC 90 J=1,NCEF
    IF(MAUX-KA)163,162,162
162 JP=MAUX*(MAUX-1)/2+KA
    JQ=JP+1
    GO TC 164
163 JP=KA*(KA-1)/2+MAUX
    JQ=KA*(KA+1)/2+MAUX
164 CONTINUE
    IA=1
    AUX(1)=-RJ(JP)*A1
    AUX(2)=RJ(JP)*B1
    AUX(3)=RJ(JQ)
    DC 85 K1=NC,NAUX
    IF(J1-K1)82,82,83
82 JT=K1*(K1-1)/2+J1
    GO TC 84
83 JT=J1*(J1-1)/2+K1
84 CONTINUE
    R(JT)=R(JT)+AUX(IA)
    IA=IA+1
85 CONTINUE
    J1=J1+1
    IF(J-(J/2)*2)88,85,88
88 MAUX=MAUX+1
    GO TC 90
89 MAUX=MAUX+3
90 CONTINUE
    J1=3*NA*(NNE+1)+2*NNE+KAUX
    MAUX=3*NAS+3+NI
91 CONTINUE
121 CONTINUE
    KM=KM+2
    IF(JA-2)92,93,93
92 NK=NCI
    IF(K-NA)312,311,97
311 NV=0
    GO TC 96

```

```

312 NV=2*NEANI(IP)
    GC TC 96
93 NK=NCF
    IF(K-NA)315,314,96
314 NV=0
    GC TC 96
315 NV=2*NEANI(IF)
96 CONTINUE
    NC=NK-NV+3*K*(NNE+1)+2*NNE
    IB=IB+1
97 CONTINUE
    NC=NCF
    IB=1
    KM=3*NAS+2*NCEP+1+NI
98 CONTINUE
119 CONTINUE
    IF(NCEP)122,122,99
99 NC=KAUX
    NU=1
    IF(NTP-3)100,101,100
100 KM=3*NAS+1+NI
    GC TC 102
101 KM=NAS+1+NI
102 CONTINUE
    NL=NC
    DC 116 I=1,2
    MAUX=KM
    DO 115 JA=NL,2
    J1=NL
    DC 114 J=1,NCEP
    K1=NC
    KA=KM
    DO 109 K=1,NCEP
    IF(J1-K1)103,103,203
203 CONTINUE
    IF(1-JA)204,104,204
204 JT=J1*(J1-1)/2+K1
    IF(MAUX-KA)170,170,171
170 JP=KA*(KA-1)/2+MAUX
    GC TC 205
171 JP=MAUX*(MAUX-1)/2+KA
172 CONTINUE
    GC TC 205
103 JT=K1*(K1-1)/2+J1
    JP=KA*(KA-1)/2+MAUX
205 R(J1)=R(JT)+RJ(JP)
104 CONTINUE
    K1=K1+1
    IF(K-(K/2)*2)107,108,107
107 KA=KA+1
    GC TC 109
108 KA=KA+3
109 CONTINUE
    J1=J1+1

```

```

      IF(J-(J/2)*2)112,113,112
112 MAUX=MAUX+1
      GO TO 114
113 MAUX=MAUX+3
114 CONTINUE
      IF(NTP-3)214,215,214
214 MAUX=3*NAS+3+NI
      GO TO 216
215 MAUX=NAS+3+NI
216 CONTINUE
      NL=3*NA*(MNE+1)+2*MNE+KALX
115 CONTINUE
      NU=2
      KM=KM+2
      NC=NL
116 CONTINUE
122 CONTINUE
      RETURN
      END

```

```

C----
C----
C---- PROGRAMA PRINCIPAL
C----
C----

```

```

CHARACTER*2 NTIT
CHARACTER*2 NLNI
REAL IZV(16,10),IZP(30,10),IXP(30,10),IYP(30,10)
INTEGER FP(90)
COMMON /UM/R(140800)
COMMON /DCIS/RJ(140800)
COMMON /TRES/ALX(40000)
COMMON /CUATRO/F(530),FC(400),RIG(78)
COMMON /CINCO/H(10),NEANI(90)
DIMENSION LR(3),T(16),NC(90),IP(90),NA(12),NUNI(20),MNEP(90),
*NPNE(90),MPD(23),NPEC(33),NSEC(12),NSD(12),NTP(90),DP(12),
*NTIT(40),NTN(90),AP(90),Y(90),Z(90),AI(90),ILR(265),
*AXP(30,10),FD(400),FALX(265),FA(100),FI(400),FE(400),
*FJ(130),DJ(130),FALX1(530),VD(400),D(530),
*BAUX(35245)
OPEN(UNIT=1,STATUS='OLD',FILE='DADOS',ACCESS='SEQUENTIAL',
*FORM='FORMATTED')
OPEN(UNIT=15,STATUS='OLD',FILE='ARC15',ACCESS='DIRECT',RECL=4848)
OPEN(UNIT=16,STATUS='OLD',FILE='ARC16',ACCESS='DIRECT',RECL=3108)
OPEN(UNIT=7,STATUS='OLD',FILE='ARC7',ACCESS='DIRECT',RECL=400)
OPEN(UNIT=8,STATUS='OLD',FILE='ARC8',ACCESS='DIRECT',RECL=2280)
OPEN(UNIT=9,STATUS='OLD',FILE='ARC9',ACCESS='DIRECT',RECL=6400)
OPEN(UNIT=10,STATUS='OLD',FILE='ARC20',ACCESS='DIRECT',RECL=1600)
OPEN(UNIT=11,STATUS='OLD',FILE='ARC11',ACCESS='DIRECT',RECL=6400)
OPEN(UNIT=12,STATUS='OLD',FILE='ARC22',ACCESS='DIRECT',RECL=1600)
OPEN(UNIT=13,STATUS='OLD',FILE='ARC23',ACCESS='DIRECT',RECL=1600)
OPEN(UNIT=14,STATUS='OLD',FILE='ARC24',ACCESS='DIRECT',RECL=2120)
DATA FAUX/265*C./,BAUX/35245*C./
NR=1
NW=6

```

```

WRITE(NH,2)
2 FORMAT('1',10(/),20X,92('*'),/,20X,'*',5X,'CALCULO DE ESFORÇOS INT
*ERNOS NAS EXTREMIDADES DAS BARRAS DE ESTRUTURAS TRIDIMEN-',5X,'*',
*/,20X,'*',5X,'SIONAIS DE EDIFICIOS ALTOS.',58X,'*',/,20X,92('*'))
READ(NR,460)(NTIT(1B),1B=1,4C)
460 FORMAT(40A2)
READ(NR,460)(NUNI(1B),1B=1,2C)
WRITE(NH,461)(NTIT(1B),1B=1,4C)
461 FORMAT('1',10(/),20X,92('*'),/,20X,'*',5X,40A2,5X,'*',/,20X,92('*')
*)
WRITE(NH,462)(NUNI(1B),1B=1,2C)
462 FORMAT(///,20X,92('*'),/,20X,'*',14X,'UNIDADES UTILIZADAS - ',20A2
*,14X,'*',/,20X,92('*'),///,24X,'N. SUBESTRUTURAS N. PAINES N
*OS COM 3 COORD. NCS COM 2 COORD.')
```

C *****

C * NS= NUMERO DE SUBESTRUTURAS. *

C * NP= NUMERO DE PAINES. *

C * ANB= NUMERO DE PILARES INDIVIDUAIS (NUMERO DE PILA- *

C * RES ISOLADOS + NUMERO DE PILARES PERTENCENTES *

C * A MAIS DE UM PAINEL. *

C * ANE= NUMERO DE NCS PERTENCENTES A UM UNICO PAINEL. *

C *****

```

READ(NR,1)NS,NP,ANE,ANE
1 FORMAT(4I3)
WRITE(NH,3)NS,NP,ANB,ANE
3 FORMAT(3E12,12,14X,12,14X,12,1E12)
WRITE(NH,18)
18 FORMAT(///,24X,'PAINEL TIPO INICIO FIM N. PRUM. NCS TIPO
*O E PR. NO E MOD. DE ELAST.')
```

DC 1920 IE=1,NP

C *****

C * K= NUMERO DO PAINEL. *

C * NTP(K)= TIPO DO PAINEL K (1, 2, OU 3). *

C * IP(K)= NUMERO DO NO INICIAL DO PAINEL K. *

C * FP(K)= NUMERO DO NO FINAL DO PAINEL K. *

C * NC(K)= NUMERO DE PRUMADAS DO PAINEL K. *

C * ANEP(K)= NUMERO DE PILARES QUE PERTENCEM SO AO PAI- *

C * NEL K. *

C * ANPE(K)= NUMERO DO PRIMEIRO DOS PILARES PERTENCENTES *

C * APENAS AO PAINEL K. *

C * ANPEQ(K)= NUMERO DO PAINEL ANTERIORMENTE DADO, QUE E *

C * EQUIVALENTE AO PAINEL K (SE ESTE NAO EXIS- *

C * TIR, ANPEQ(K) DEVE SER IGLAL A K. *

C * E= MODULO DE ELASTICIDADE DO MATERIAL DO PAINEL. *

C *****

```

READ(NR,19)K,NTF(K),IP(K),FP(K),NC(K),ANEP(K),ANPE(K),
*ANPEQ(K),E
19 FORMAT(8I3,F10.0)
WRITE(NH,20)K,NTF(K),IP(K),FP(K),NC(K),ANEP(K),ANPE(K),E
20 FORMAT(2E12,12,7X,12,6X,12,6X,12,6X,12,1E14.7)
1920 CONTINUE
NPC(1)=1
DC 1452 IE=2,NP
IF(ANPEQ(1B)-1B)452,451,452
```

```

451 NPD(IB)=NPD(IB-1)+1
GC TC 1452
452 NPD(IB)=NPD(IB-1)
1452 CONTINUE
NACS=NNB+NNE
WRITE(NH,4)
4 FORMAT(///,24X,'NC',5X,'TIPC',5X,'NCS E AC.',5X,'COORDENADA Y',5X,
*'COORDENADA Z',5X,'ANGULO AI(K)')
DC 13 I=1,NNCS
C *****
C * NACS= NUMERO DE PILARES INDIVIDUAIS + NUMERO DE PI- *
C * LARES PERTENCENTES A UM UNICO PAINEL. *
C * K= NUMERO DO NC. *
C * NTN= TIPC DO NC (SE NTN=0 O NC E UM PILAR INDIVIDU- *
C * AL, SE NTN=1 O NC E UM PILAR PERTENCENTE A UM *
C * UNICO PAINEL). *
C * Y= COORDENADA Y DO NC. *
C * Z= COORDENADA Z DO NC. *
C * AI= ANGULO FORMADO PELOS EIXOS Y DO SISTEMA ESTRU- *
C * TURAL E YI DO PILAR INDIVIDUAL, (YI E UM EIXO *
C * PRINCIPAL DE INERCIA DO PILAR INDIVIDUAL), ME- *
C * DIDA A PARTIR DO PRIMEIRO NC SENTIDO DE X. *
C *****
READ(NR,5)K,NTN(K),Y(K),Z(K),AI(K)
5 FORMAT(I3,I3,3F10.0)
IF(K-1)8,7,8
7 KA=0
GC TC 9
8 KA=NEANI(K-1)
9 CONTINUE
IF(NTN(K))10,11,10
10 KN=1
GC TC 12
11 KN=0
12 CONTINUE
NEANI(K)=KA+KN
WRITE(NH,6)K,NTN(K),NEANI(K),Y(K),Z(K),AI(K)
6 FORMAT(24X,I2,6X,I2,10X,I2,3X,3E17.5)
13 CONTINUE
C *****
C * NA(I)= NUMERO DE ANDARES DA SUBESTRUTURA I. *
C *****
READ(NR,14)(NA(I),I=1,NS)
14 FORMAT(10I3)
WRITE(NH,15)
15 FORMAT(///,24X,'SUBESTRUTURA',3X,'N. DE ANDARES')
DC 17 I=1,NS
WRITE(NH,16)I,NA(I)
16 FORMAT(29X,I2,13X,I2)
17 CONTINUE
C *****
C * NSEQ(IB)= NUMERO DA SUBESTRUTURA ANTERIORMENTE DADA, *
C * QUE E EQUIVALENTE A SUBESTRUTURA IB, (SE ES- *
C * TA NAO EXISTIR,NSEQ(IB) DEVE SER IGUAL A IB. *

```

```

C          ****
1106 READ(NR,1106)(NSEC(IB),IB=1,NS)
1106 FCRMAT(10I3)
      NSD(1)=1
      DO 2453 IB=2,NS
      IF(NSEQ(IB)-1E)2452,2451,2452
2451 NSD(IB)=NSD(IB-1)+1
      GO TO 2453
2452 NSD(IB)=NSD(IB-1)
2453 CONTINUE
      I=1
951  CONTINUE
      NAS=NA(I)+1
      NAPI=NA(I)
      NT=3*NAS*(NNB+1)+4*NNE
      NI=3*(NNE+1)*(NA(I)-1)
      NAUX=(NT*NT+NI)/2
      IF(NSEQ(I)-1)1107,1108,1107
1107 NRE=88*(NSD(NSEC(I))-1)+1
      READ(14,REC=NSD(NSEC(I)))(FALX1(IE),IE=1,NT)
      READ(9,REC=NRE)(R(IB),IB=1,NAUX)
      WRITE(NH,1117)1,NSEQ(I)
1117 FORMAT(///,24X,'A SUBESTRUTURA - ',I2,' E IGUAL A SUBESTRUTURA -
      *',I2)
      GO TO 1110
1108 CONTINUE
      WRITE(NH,22)I
22  FORMAT('1',///,24X,'SUBESTRUTURA - ',I2,///,24X,'ANDAR      ALT. DO
      *AND.')
C          ****
C          * H(IS)= ALTURA DO ANDAR IS. *
C          ****
      READ(NR,23)(H(IS),IS=1,NAPI)
23  FORMAT(8F10.0)
      DO 24 IS=1,NAPI
24  WRITE(NH,25)IS,H(IS)
25  FORMAT(25X,I2,7X,E12.5)
      DO 52 K=1,NAUX
52  R(K)=C.
      IAUX=NA(I)
      KAUX=NSD(I)
C          ****
C          * VER LEITURAS DE DADOS NA SUBRUTINA PILAR. *
C          ****
      CALL PILAR(KAUX,IAUX,NNB)
      READ(15,REC=NSD(I))E,C,F,AXP,IXF,IYP,I2F
      IA=1
      DO 3504 ID=1,NNCS
      IF(NTN(ID))3504,600,3504
600  CONTINUE
      DO 504 IB=1,NAPI
      IAUX=NA(I)
      AUX2=AI(IE)
      AUX3=Y(ID)

```

```

AUX4=Z(1C)
AUX5=AXP(1A,1E)
AUX6=IZP(1A,1E)
AUX7=IXP(1A,1E)
AUX8=IYP(1A,1E)
AUX9=F(1E)
CALL CPIRS(IAUX,NNE,NNE,1E,AUX2,AUX3,AUX4,AUX5,AUX6,AUX7,AUX8,AUX9
*,1C,E,G)
504 CONTINUE
IA=IA+1
3504 CONTINUE
C *****
C * NAC= NUMERO DE ANDARES CARREGADOS. *
C *****
READ(NR,27)NAC
27 FORMAT(13)
DC 28 K=1,NT
28 F(K)=C.
IF(NAC)29,51,29
29 DC 46 KA=1,NAC
C *****
C * NAN= NUMERO DE ANDAR CARREGADO. *
C * NNC= NUMERO DE NCS CARREGADOS. *
C * NCL= NUMERO DE CARGAS NA LAJE DO ANDAR NAN, (SE NCL *
C * FGR DIFERENTE DE ZERO, DEVERAO SE FORNECIDAS AS *
C * TRES CARGAS NA LAJE, NA SEGUNDA LEITURA A SE- *
C * GUIR. *
C *****
READ(NR,30)NAN,NNC,NCL
30 FORMAT(3I3)
IF(NNC)31,38,31
31 DC 38 K=1,NNC
C *****
C * NN= NUMERO DO NO CARREGADO. *
C * A1= MOMENTO FLETOR APLICADO , NA DIRECAC DE Y. *
C * A2= MOMENTO FLETOR APLICADO , NA DIRECAC DE Z. *
C * A3= ESFORCC NORMAL APLICADO. *
C *****
READ(NR,32)NN,A1,A2,A3
32 FORMAT(13,3F10.0)
IF(NAN-1)34,33,34
33 KAUX=3*(NN-NEANI(NN))+2*NEANI(NN)-2
GO TC 37
34 CONTINUE
IF(NAN-NAS)36,35,36
35 KAUX=3*(NAN-1)*(NNE+1)+2*NNE+3*(NN-NEANI(NN))+2*NEANI(NN)-2
GO TC 37
36 KAUX=3*(NAN-1)*(NNE+1)+2*NNE+3*(NN-NEANI(NN))-2
37 CONTINUE
F(KAUX)=A1
F(KAUX+1)=A2
F(KAUX+2)=A3
38 CONTINUE
IF(NCL)39,46,39

```



```

C      ****
C      * A1= ESFORCC CERTANTE APLICADO NA LAJE, NA DIRECAO DE *
C      *      Y. *
C      * A2= ESFORCC CORTANTE APLICADO NA LAJE, NA DIRECAO DE *
C      *      Z. *
C      * A3= MOMENTO TORCOU APLICADO NA LAJE. *
C      ****
39 READ(NR,40)A1,A2,A3
40 FORMAT(3F10.0)
   IF(NAN-1)42,41,42
41 KALX=3*NNE+2*NNE+1
   GO TO 45
42 CONTINUE
   IF(NAN-NAS)43,44,43
43 KAUX=3*NNE*NAN+2*NNE+3*(NAN-1)+1
   GO TO 45
44 KAUX=3*NNE*NAN+4*NNE+3*(NAN-1)+1
45 CONTINUE
   F(KAUX)=A1
   F(KAUX+1)=A2
   F(KAUX+2)=A3
46 CONTINUE
   WRITE(NH,47)
47 FORMAT(//////,24X,'ESFORCCS EXTERNOS NO SISTEMA ESTRUTURAL')
   WRITE(NH,48)
48 FORMAT(///,24X,'N. DA COORD.',5X,'ESFORCC EXTERNO')
   DO 51 K=1,NT
   IF(F(K))49,51,49
49 WRITE(NH,50)K,F(K)
50 FORMAT(29X,13,12X,E12.5)
51 CONTINUE
   DO 501 IA=1,NP
   IF=FP(IA)
   II=IF(IA)
   COMP=SQRT((Y(IF)-Y(II))**2+(Z(IF)-Z(II))**2)
   A=(Z(IF)-Z(II))/COMP
   B=(Y(IF)-Y(II))/COMP
   AL=C.
   IF(A)541,542,545
941 AL=3.1415926
   GO TO 945
942 CONTINUE
   IF(B)942,945,944
943 AP(IA)=3.1415926
   GO TO 948
944 AP(IA)=0.
   GO TO 948
945 CONTINUE
   IF(B)546,547,546
946 AP(IA)=ATAN(A/B)+AL
   GO TO 948
947 AP(IA)=AL+1.5707963
948 CONTINUE
   JAUX=NPEC(IA)

```

```

NPAN=(NSD(I)-1)*NPD(NP)+NPD(JALX)-1
NRE=15*NPAN+1
NTPA=2*NAS*NC(IA)+NAS
NEAP=(NT*NT+NT)/2
IF(NTP(IA)-2)53,54,55
53 NEU=5*NAS+4*(NC(IA)-2)
   GO TC 56
54 NEU=3*NAS+4*(NC(IA)-1)
   GO TC 56
55 NEL=4*NC(IA)+NAS
56 CONTINUE
   NIPA=NTPA-NEU
   IF(JAUX-IA)1100,1101,1100
1100 READ(8,REC=NRE)(RJ(IE),IE=1,NEAP)
   WRITE(NW,1453)IA,NPEQ(IA)
1453 FORMAT(///,4X,'C PAINEL - ',12,' E IQUAL AO PAINEL - ',12)
   GO TC 1102
1101 CONTINUE
   IB=NC(IA)
   IAUX=NA(I)
C      *****
C      * VER LEITURAS DE DADOS NA SUBROTINA PANEL. *
C      *****
   CALL PANEL(IA,NPAN,IAUX,IB,E,FJ)
   KALX=NC(IA)
   IAUX1=NTP(IA)
   CALL MRPS(IAUX,KALX,IAUX1,NPAN)
   IF(NIPA)EC1,EC1,ECC
800 CALL RMRP(IAUX,KALX,IAUX1)
   CALL MATDE(NTPA,NIPA,VD)
801 WRITE(8,REC=NRE)(RJ(IE),IE=1,NEAP)
1102 CONTINUE
   NALX1=NTP(IA)
   LAUX=NNEP(IA)
   AUX4=AP(IA)
   AUX5=AI(II)
   AUX6=AI(IF)
   AUX7=Y(II)
   AUX8=Z(II)
   IALX1=NPNE(IA)
   CALL CPARS(NAPI,NNE,NNE,II,IF,NAUX1,LAUX,AUX4,AUX5,AUX6,AUX7,
   *AUX8,NIPA,IALX1)
   IF(NPEQ(IA)-IA)1103,1104,1103
1103 NRE=NPAN+1
   READ(13,REC=NRE)(FC(IE),IE=1,NEL)
   GO TC 1105
1104 CONTINUE
   IF(NIPA)751,751,EC3
751 CONTINUE
   DC 752 IE=1,NEL
752 FC(IE)=FJ(IE)
   GO TC 753
803 KALX=NC(IA)
   CALL RVEP(IAUX,KALX,NALX1,FJ)

```

```

NRI=0
CALL LNT(NIPA,NFI)
DC 57 IB=1,NIPA
57 FI(1B)=FJ(1B)
CALL FORWARD(NIPA,FI)
DC 58 IE=1,NIPA
58 FA(1B)=FI(1E)
CALL MADI(NIPA,FA,VD)
NRE=NPAN+1
WRITE(7,REC=NRE)(FA(1B),1E=1,NIPA)
NRI=0
CALL RN(NIPA,NEU,NRI)
CALL PMV(NEU,NIPA,FI)
DC 55 IB=1,NEU
NIA=IB+NIPA
59 FC(1B)=FJ(NIA)-FC(1B)
753 CONTINUE
NRE=NPAN+1
WRITE(13,REC=NRE)(FC(1E),1E=1,NEU)
1105 CONTINUE
AUX1=Y(11)
AUX2=Z(11)
IAUX=NA(1)
LALX=NNP(1A)
AUX3=AP(1A)
AUX4=AI(11)
AUX5=AI(1F)
CALL CEPES(IAUX,LALX,NNB,NNE,AUX3,AUX4,AUX5,11,1F,AUX1,AUX2,
*NAUX1,IAUX1)
501 CONTINUE
IF(NA(1)-1)804,805,804
804 IALX=NA(1)
CALL RMKS(IALX,NNB,NNE)
DC 700 IE=1,NAUX
700 RJ(1E)=R(1E)
CALL MATDE(NT,NI,VD)
DC 710 IE=1,NAUX
710 R(1B)=RJ(1B)
805 NRE=88*(NSD(1)-1)+1
WRITE(9,REC=NRE)(R(1E),1E=1,NAUX)
NE=3*NNB+2*NNE+3
NT11=2*NE
NEU11=NT11-NE+1
IF(NA(1)-1)62,1063,62
1063 DC 1064 IE=1,NT11
FAUX1(1B)=F(1B)
1064 CONTINUE
GC TC 1065
62 CALL RVES(IALX,NNE,NNE)
NRI=1
CALL LNT(NI,NRI)
DC 63 IB=1,NI
63 FI(1B)=F(1B)
CALL FORWARD(NI,FI)

```

```

DC 64 IB=1,NI
64 FB(IB)=F1(IE)
CALL MADI(NI,FB,VD)
WRITE(10,REC=NSC(1))(FB(IE),IE=1,NI)
NRI=1
CALL RN(NI,NTII,NRI)
CALL FMV(NTII,NI,F1)
DC 65 IB=1,NTII
NK=IB+NI
FAUX1(IB)=F(NK)-FC(IE)
65 CONTINUE
1065 CONTINUE
WRITE(14,REC=NSC(1))(FAUX1(IE),IE=1,NTII)
1110 CONTINUE
NEA=(NTII*NIII+NTIII)/2
DC 701 JA=1,NTII
NAUX1=JA+NI
DC 245 IB=1,NTII
NAUX2=IB+NI
IF(JA-IE)701,244,244
244 JT=NAUX1*(NAUX1-1)/2+NAUX2
JP=JA*(JA-1)/2+IE
245 RJ(JP)=R(JT)
701 CONTINUE
DC 160 IB=1,NE
DO 60 JA=1,NE
IF(JA-IE)60,1200,1200
1200 CONTINUE
JP=JA*(JA-1)/2+IE
RJ(JP)=RJ(JP)+BALX(JP)
60 CONTINUE
FAUX1(IB)=FAUX1(IE)+FALX(IE)
160 CONTINUE
CALL MATCE(NTII,NE,VD)
DO 711 IB=1,NEA
711 R(IB)=RJ(IB)
NRE=36*(I-1)+1
WRITE(11,REC=NRE)(R(IE),IE=1,NEA)
DO 61 IB=NEU11,NTII
NAUX2=IB-NE
DC 61 JA=NEU11,NTII
IF(JA-IE)61,1202,1202
1202 JT=JA*(JA-1)/2+IE
NAUX1=JA-NE
JP=NAUX1*(NAUX1-1)/2+NAUX2
BALX(JP)=R(JT)
61 CONTINUE
NRI=1
CALL LNT(NE,NRI)
DC 68 IB=1,NE
68 FI(IB)=FAUX1(IB)
CALL FORWARD(NE,FI)
DC 69 IB=1,NE
69 FD(IB)=FI(IB)

```

```

CALL MADI(NE,FC,VC)
WRITE(12,REC=1)(FC(IB),IB=1,NE)
NRI=1
CALL RN(NE,NE,NRI)
CALL PMV(NE,NE,FI)
DO 950 IB=1,NE
NK=IE+NE
FAUX(IB)=FALX1(NK)-FC(IB)
950 CONTINUE
I=I+1
IF(I-NS)951,951,952
952 CONTINUE
DO 401 IB=1,NE
D(IE)=0.
ILR(IE)=1
401 CONTINUE
C *****
C * NZR= NUMERO REFERENTE AS RESTRICCOES NCS APCICS, SE 0 *
C * NZR=C, TODOS OS NCS SAO TOTALMENTE RETRINGIDOS, *
C * SE NZR E DIFERENTE DE ZERO, EXISTEM NCS COM LI- *
C * BERDADE LE DESLOCAMENTO. *
C * NNCR1= NUMERO DE NCS COM DESLOCAMENTOS IMPOSTOS DI- *
C * FERENTES DE ZERO. *
C * NNCL= NUMERO DE NCS COM ALGUM DESLOCAMENTO LIVRE. *
C *****
READ(NR,402)NZR,NNCR1,NNCL
402 FORMAT(3I3)
IF(NZR)403,431,403
403 CONTINUE
IF(NNCR1)404,410,404
404 CONTINUE
DO 409 IB=1,NNCR1
C *****
C * K= NUMERO DO NC COM DESLOCAMENTOS IMPOSTOS DIFEREN- *
C * TES DE ZERO. *
C * AUX(1)= ROTACAO NA DIRECAO DE Y. *
C * AUX(2)= ROTACAO NA DIRECAO DE Z. *
C * AUX(3)= TRANSLACAO NA DIRECAO DE X. *
C *****
READ(NR,405)K,AUX(1),AUX(2),AUX(3)
405 FORMAT(I3,3F10.0)
IF(NTN(K))407,406,407
406 NK=3
GO TO 408
407 NK=2
408 CONTINUE
NV=3*(K-NEANI(K))+2*NEANI(K)-NK+1
DO 409 IC=1,NK
D(NV)=AUX(IC)
NV=NV+1
409 CONTINUE
410 CONTINUE
IF(NNCL)411,417,411
411 CONTINUE

```

```

DC 416 IE=1,NNCL
C      ****
C      * K= NUMERO DO NO QUE TEM DESLOCAMENTOS LIVRES *
C      * LR(1)= NUMERO REFERENTE AS RESTRICÖES DE AFIC PARA *
C      * A ROTACAO NA DIRECAG DE Y. SE LR(1)=C C NC E *
C      * LIVRE PARA SE DESLOCAR NESTA COORDENADA, CASO *
C      * CONTRAKIC, C NC E RESTRINGIDO NA MESMA. *
C      * LR(2)= ICEN, PARA A ROTACAO NA DIRECAG DE Z. *
C      * LR(3)= IEIDEM, PARA A TRANSLACAO NA DIRECAG DE X *
C      ****
      READ(NR,412)K,LR(1),LR(2),LR(3)
412  FORMAT(4I3)
      IF(NIN(K))414,413,414
413  NK=3
      GO TO 415
414  NK=2
415  CONTINUE
      NV=3*(K-NEANI(K))+2*NEANI(K)-NK+1
      DO 416 IC=1,NK
      ILR(NV)=LR(IC)
      NV=NV+1
416  CONTINUE
417  CONTINUE
      DO 428 IB=1,NE
      IF(ILR(IB))418,42C,41E
418  FAX(IB)=C(IB)
      JT=(IB*IB+IE)/2
      RJ(JT)=1.
      IA=IE+1
      DO 419 J=IA,NE
      JT=J*(J-1)/2+IE
      RJ(JT)=C.
419  CONTINUE
      GO TO 428
420  CONTINUE
      DO 427 J=1,NE
      IF(ILR(J))421,425,421
421  CONTINUE
      IF(IB-J)422,422,423
422  JT=J*(J-1)/2+IB
      RJ(JT)=C.
      GO TO 424
423  JT=IB*(IB-1)/2+J
424  CONTINUE
      FAX(IB)=FAX(IB)-BALX(JT)*D(J)
      GO TO 427
425  CONTINUE
      IF(IB-J)426,426,427
426  JT=J*(J-1)/2+IB
      RJ(JT)=BALX(JT)
427  CONTINUE
428  CONTINUE
      DO 429 IB=1,NE
      AUX(IB)=FAX(IB)

```

```

429 CONTINUE
    M=NE-1
    CALL MATDE(NE,M,VC)
    DC 430 IB=1,NE
    D(IB)=AUX(IB)
430 CONTINUE
    WRITE(NH,470)
470 FORMAT(///,24X,'DESLOCAMENTOS NA LIGACAO ESTRUTURA FUNDACAO',//,24
    *X,'COORDENADA  DESLOCAMENTO')
    DC 472 IB=1,NE
    WRITE(NH,471)IB,D(IB)
471 FORMAT(27X,I3,7X,E12.5)
472 CONTINUE
    GO TO 474
431 CONTINUE
    WRITE(NH,473)
473 FORMAT(///,24X,'TODOS OS DESLOCAMENTOS NA LIGACAO ESTRUTURA FUNDAC
    *AO SAO NULOS')
474 CONTINUE
    I=NS
1950 CONTINUE
    NAPI=NA(I)
    NRE=36*(I-1)+1
    READ(11,REC=NRE)(R(IB),IB=1,NEA)
    READ(12,REC=1)(FC(IB),IB=1,NTII)
    DC 79 IB=1,NE
    NK=NE+IB
    FAUX1(NK)=D(IB)
79 CONTINUE
    NRI=1
    CALL RT(NE,NE,NRI)
    CALL PMV(NE,NE,L)
    DC 77 IB=1,NE
    FD(IB)=FD(IE)-FC(IB)
77 CONTINUE
    NRI=1
    CALL LNT(NE,NRI)
    CALL BACK(NE,FD)
    DC 78 IB=1,NE
    FAUX1(IB)=FC(IB)
    D(IB)=FD(IB)
78 CONTINUE
    NI=3*(NA(I)-1)*(NNE+1)
    NT=NI+NTII
    NALX=(NT*NT+NT)/2
    DC 82 IE=1,NTII
    NK=NI+IE
82 F(NK)=FAUX1(IE)
    NRE=88*(NSD(NSEQ(I))-1)+1
    READ(9,REC=NRE)(R(IB),IB=1,NALX)
    IF(NA(I)-1)809,809,754
754 CONTINUE
    READ(10,REC=NSD(NSEQ(I)))(FB(IB),IB=1,NI)
    NRI=1

```

```

CALL RT(NI,NTII,NRI)
CALL PMV(NI,NTII,FAUX1)
DO 80 IE=1,NI
FB(IE)=FB(IE)-F(IE)
80 CONTINUE
NRI=1
CALL LNT(NI,NRI)
CALL BACK(NI,FB)
DO 81 IE=1,NI
81 F(IE)=FE(IE)
760 CONTINUE
IAUX=NA(I)
CALL RVDS(IAUX,NNE,NNE)
809 CONTINUE
WRITE(NH,380)I
380 FORMAT('1',///,35X,'SUBESTRUTURA - ',I2,/,35X,'*****')
*)
NAS=NAPI+1
WRITE(NH,464)
464 FORMAT(///,24X,'DESLOCAMENTOS DAS LAJES',//,24X,'ANCAR   TRANSLACA
*O Y   TRANSLACAC Z   RCTACAC EM X')
DO 467 IB=1,NAS
IF(IB-NAS)465,466,466
465 IA=3*NNE*IB+2*NNE+3*(IB-1)+1
GC TC 467
466 IA=3*NNE*IB+4*NNE+3*NAPI+1
467 WRITE(NH,468)IB,F(IA),F(IA+1),F(IA+2)
468 FORMAT(/,26X,I2,1X,3E15.5)
WRITE(NH,98)
98 FORMAT(///,35X,'ESFORÇOS NOS FILARES INDIVIDUAIS',///,3X,'FILAR
*ANCAR   MCM. FLET. Y   MCM. FLET. Z   ESFOR. NORM.   ESF. CRT. Y
*   ESF. CRT. Z   MCM. TCRC. X')
READ(15,REC=NSD(NSEQ(1)))E,C,t,AXP,IXP,IYP,I2P
ID=1
DO 302 IA=1,NACS
IF(NTN(IA))302,84,302
84 CONTINUE
DO 301 J=1,NAPI
IF(IA-1)86,85,86
85 NK=1
GC TC 87
86 NK=3*(IA-NEANI(IA))+2*NEANI(IA)-2
IF(J-NA(1))88,87,88
87 NL=0
GC TC 89
88 NL=2*NEANI(IA)
89 CONTINUE
IF(J-1)91,90,91
90 J1=NK
GC TC 92
91 J1=NK-2*NEANI(IA)+3*(J-1)*(NNE+1)+2*NNE
92 K1=NK-NL+3*J*(NNE+1)+2*NNE
J2=J1+1
K2=K1+1

```



```

J3=J2+1
K3=K2+1
DP(1)=F(J1)
DP(2)=F(J2)
DP(3)=F(J3)
DP(7)=F(K1)
DP(8)=F(K2)
DP(9)=F(K3)
J1=3*NNB*J+2*NNE+3*(J-1)+1
IF(J-NA(1))93,94,94
93 NL=2*NNE
GO TO 195
94 NL=4*NNE
195 K1=3*NNB*(J+1)+3*J+NL+1
K2=K1+1
J2=J1+1
J3=J2+1
K3=K2+1
AB=Y(IA)*SIN(A1(IA))-Z(IA)*CCS(A1(IA))
AC=Y(IA)*CCS(A1(IA))+Z(IA)*SIN(A1(IA))
DP(4)=F(J1)*CCS(A1(IA))+F(J2)*SIN(A1(IA))+F(J3)*AE
DP(5)=-F(J1)*SIN(A1(IA))+F(J2)*CCS(A1(IA))+F(J3)*AC
DP(6)=F(J3)
DP(10)=F(K1)*CCS(A1(IA))+F(K2)*SIN(A1(IA))+F(K3)*AB
DP(11)=-F(K1)*SIN(A1(IA))+F(K2)*CCS(A1(IA))+F(K3)*AC
DP(12)=F(K3)
AUX1=H(J)
AUX2=AXP(ID,J)
AUX3=IXP(ID,J)
AUX4=IYP(ID,J)
AUX5=IZP(ID,J)
CALL RIGPI(E,G,AUX1,AUX2,AUX3,AUX4,AUX5)
IC=C
DC 97 IE=1,12
DC 97 JA=1,12
IC=IC+1
IF(JA-IB)95,96,96
95 JP=IB*(IB-1)/2+JA
GO TO 97
96 JP=JA*(JA-1)/2+IB
97 AUX(IC)=RIG(JP)
NI=12
CALL PMV(NI,NI,CP)
WRITE(NK,99)IA,J,(FC(IE),IE=1,12)
99 FORMAT(/,5X,12,6X,12,1X,6E15.6,/,16X,6E15.6)
301 CONTINUE
ID=ID+1
302 CONTINUE
WRITE(NK,381)
381 FORMAT(///,24X,'ESFERCCS NCS FILARES E VIGAS DOS PAINES')
DC 151 IA=1,NP
NPA= (NSD(NSEQ(I))-1)*NPD(NP)+NPD(NPEC(IA))-1
WRITE(NK,382)IA
382 FORMAT(///,4X,'PAINEI - ',I2)

```

```

NCPI=NC(IA)
NRE=NPAN+1
READ(16,REC=NRE)E,AXF,IZP,IZV,T
L=IP(IA)
LI=FP(IA)
NAS=NA(I)+1
AB=-Z(L)*CCS(AP(IA))+Y(L)*SIN(AP(IA))
IF(NTP(IA)-2)100,101,102
100 NI=2*(NA(I)-1)*(NC(IA)-2)
KN=2
GO TC 103
101 NI=2*(NA(I)-1)*(NC(IA)-1)
KN=1
GO TC 103
102 NI=2*(NA(I)-1)*NC(IA)
103 CONTINUE
DO 107 J=1,NAS
IF(J-NAS)104,105,104
104 NL=2*NNE
GO TC 106
105 NL=4*NNE
106 CONTINUE
J1=3*NNE*J+3*(J-1)+NL+1
J2=J1+1
J3=J2+1
DJ(J)=F(J1)*COS(AP(IA))+F(J2)*SIN(AP(IA))+F(J3)*AB
107 CONTINUE
IF(NTP(IA)-2)108,108,900
108 NK=3*(L-NEANI(L))+2*NEANI(L)-2
K2=NAS
DO 117 J=1,NAS
IF(J-NAS)111,112,111
111 NL=2*NEANI(L)
GO TC 113
112 NL=0
113 CONTINUE
IF(J-1)114,115,114
114 J1=NK-NL+3*(J-1)*(NNE+1)+2*NNE
GO TC 116
115 J1=NK
116 K1=K2+1
K2=K1+1
J2=J1+1
J3=J2+1
DJ(K1)=-SIN(AP(IA)-AI(L))*F(J1)+CCS(AP(IA)-AI(L))*F(J2)
DJ(K2)=F(J3)
117 CONTINUE
NK=3*(LI-NEANI(LI))+2*NEANI(LI)-KN
IF(NTP(IA)-2)126,900,900
126 CONTINUE
K2=3*NAS+4*(NC(IA)-2)
DO 127 J=1,NAS
IF(J-NAS)121,120,121
120 NL=0

```

```

      GC TC 122
121 NL=2*NEANI(L1)
122 CONTINUE
      IF(J-1)123,124,123
123 J1=NK-NL+3*(J-1)*(NNB+1)+2*NNE
      GC TC 125
124 J1=NK
125 CONTINUE
      K1=K2+1
      K2=K1+1
      J2=J1+1
      J3=J2+1
      DJ(K1)=-SIN(AP(IA)-AI(L1))*F(J1)+CCS(AP(IA)-AI(L1))*F(J2)
      DJ(K2)=F(J3)
127 CONTINUE
900 CONTINUE
      NCEP=2*NNEP(IA)
      IF(NCEP)128,901,128
128 CONTINUE
      KL=NPNE(IA)
      KAUX=3*(KL-NEANI(KL))+2*NEANI(KL)-1
      IF(NTP(IA)-3)128C,1281,1280
1280 K1=3*NAS+1
      GC TC 1282
1281 K1=NAS+1
1282 CONTINUE
      J1=KAUX
      DO 137 IE=1,2
      DO 136 J=1,NCEP
      DJ(K1)=F(J1)
      IF(J-(J/2)*2)134,133,134
133 K1=K1+3
      GC TC 135
134 K1=K1+1
135 CONTINUE
136 J1=J1+1
      IF(NTP(IA)-3)136C,1361,1360
1360 K1=3*NAS+3
      GC TC 1362
1361 K1=NAS+3
1362 CONTINUE
      J1=3*NA(I)*(NNB+1)+2*NNE+KAUX
137 CONTINUE
901 CONTINUE
      NT=2*NAS*NC(IA)+NAS
      NEU=NT-NI
      DO 140 IB=1,NEU
      NK=NI+IB
      FJ(NK)=DJ(IB)
140 CONTINUE
      NEAP=(NT*NT+NT)/2
      NRE=15*NPAN+1
      READ(8,REC=NRE)(KJ(IE),IB=1,NEAP)
      IF(NI)811,811,757

```

```

757 CONTINUE
  NRE=NPAN+1
  READ(7,REC=NRE)(FA(IE),IB=1,NI)
  NRI=0
  CALL RT(NI,NEU,NRI)
  CALL PMV(NI,NEU,CJ)
  DO 138 IB=1,NI
  FA(IB)=FA(IE)-FC(IB)
138 CONTINUE
  NRI=0
  CALL LNT(NI,NRI)
  CALL BACK(NI,FA)
  DO 139 IB=1,NI
  FJ(IB)=FA(IE)
139 CONTINUE
  IAUX=NA(1)
  LAUX=NC(IA)
  JAUX=NTP(IA)
  CALL RVDP(IAUX,LALX,JALX,FJ)
811 CONTINUE
  WRITE(NK,144)
144 FORMAT(///,35X,'ESFCRCCS NCS FILARES',///,3X,'PRUM.  ANDAR  MCM
*. FLET. 1  ESF. NCRM. 1  ESF. CCRT. 1  MCM. FLET. 2  ESF. NCRM
*. 2  ESF. (CRT. 2)')
  DO 503 J=1,NCPI
  DO 503 K=1,NAFI
  J1=NAS+2*(J-1)*NAS+2*K-1
  J2=J1+1
  K1=J2+1
  K2=K1+1
  J3=K
  K3=J3+1
  DP(1)=FJ(J1)
  DP(2)=FJ(J2)
  DP(3)=FJ(J3)
  DP(4)=FJ(K1)
  DP(5)=FJ(K2)
  DP(6)=FJ(K3)
  AUX1=H(K)
  AUX2=AXP(J,K)
  AUX3=IZP(J,K)
  CALL RIGP(E,AUX1,AUX2,AUX3)
  IC=0
  DO 143 IE=1,6
  DO 143 JA=1,6
  IC=IC+1
  IF(JA-IE)141,142,142
141 JP=IB*(IB-1)/2+JA
  GO TO 143
142 JP=JA*(JA-1)/2+IE
143 AUX(IC)=RIG(JP)
  NI=6
  CALL PMV(NI,NI,DP)
  WRITE(NK,145)J,K,FC(1),FC(2),FC(3),FC(4),FC(5),FC(6)

```

```

145 FORMAT(/,5X,12,6X,12,1X,6E15.6)
503 CONTINUE
WRITE(NH,146)
146 FORMAT(////,35X,'ESFORCOS NAS VIGAS',////,3X,'PRUM.  ANDAR  MCM.
* FLET. 1  ESF. CCRT. 1  MOM. FLET. 2  ESF. CCRT. 2')
IAUX=NC(1A)-1
DO 151 J=1,IAUX
DO 151 K=1,NAPI
J1=NAS+2*(J-1)*NAS+2*K-1
J2=J1+1
K1=NAS+2*J*NAS+2*K-1
K2=K1+1
DP(1)=FJ(J1)
DP(2)=-FJ(J2)
DP(3)=FJ(K1)
DP(4)=-FJ(K2)
AUX1=T(J)
AUX2=IZV(J,K)
IKJ=-1
CALL RIGV(1KJ,E,ALX1,ALX2)
IC=0
DO 149 IB=1,4
DO 149 JA=1,4
IC=IC+1
IF(JA-IB)147,148,148
147 JP=IB*(IB-1)/2+JA
GC TC 149
148 JP=JA*(JA-1)/2+IB
149 AUX(IC)=RIG(JP)
NI=4
CALL PMV(NI,NI,DP)
WRITE(NH,150)J,K,FC(1),FC(2),FC(3),FC(4)
150 FORMAT(/,5X,12,6X,12,1X,4E15.6)
151 CONTINUE
I=I-1
IF(I)1951,1951,1950
1951 CONTINUE
CALL EXIT
END

```

6. SAÍDA DE RESULTADOS

Os resultados obtidos para uma estrutura, esforços internos e deslocamentos, serão listados para cada subestrutura tridimensional isoladamente, e serão positivos ou negativos se seus sentidos coincidirem ou não com os adotados para os sistemas de referência. Além destes resultados, serão listados também, a fim de conferi-los, todos os dados de entrada, exceto aqueles referentes à ligação estrutura-fundação, os quais poderão ser conferidos, através dos deslocamentos obtidos neste ponto.

CAPÍTULO IV

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

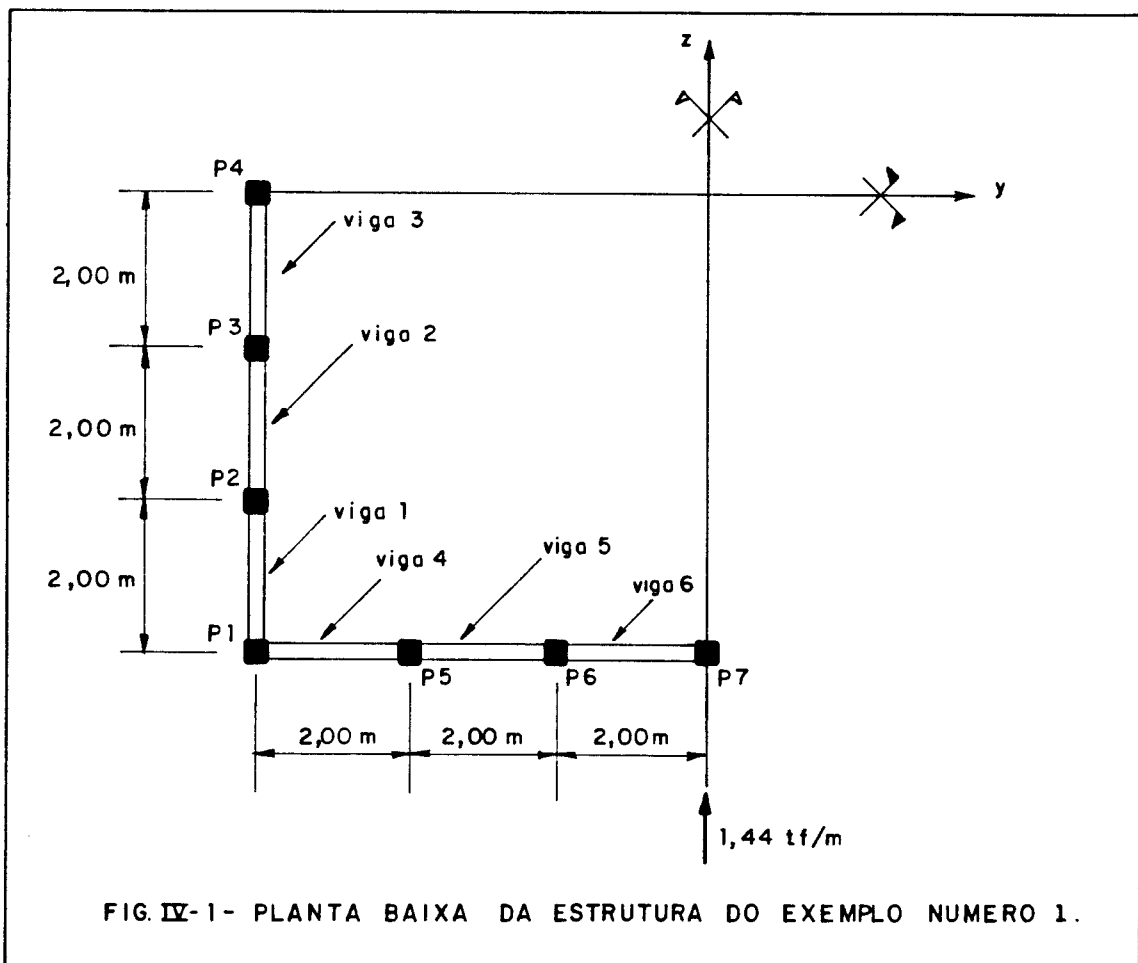
O presente capítulo tem por objetivo apresentar exemplos já abordados por outros autores, com o intuito de comparar resultados, assim como novos exemplos, visando mostrar algumas aplicações do programa em questão.

Logicamente o ideal seria colocar exemplos em grande número e variedade de dimensões e geometria, mas para se evitar um possível congestionamento na utilização do computador, optou-se pela apresentação de apenas 4 exemplos, sendo que dois deles foram calculados duas vezes, variando o tipo de ligação estrutura-fundação em algumas coordenadas da mesma, e um outro foi calculado 3 vezes, variando o seu esquema estrutural.

2. EXEMPLO Nº 1

O exemplo de número 1, (Fig. IV.1), consiste de uma estrutura tubular que foi calculada anteriormente pela técnica do meio contínuo, utilizando diferenças finitas, e seus resultados comparados aos obtidos pelo método discreto (programa apresentado em⁽¹¹⁾) em⁽¹²⁾, com as seguintes características:

Dimensões de todos os pilares	: 30cm x 30cm
As vigas tem dimensões	: 20cm x 40cm
Altura dos andares	: $h = 3,00$ m
Número de andares	: 9
Carga aplicada no plano XZ	: $q = 1,44$ tf/m
O valor adotado para E foi	: 200 tf/cm ²
A ligação estrutura fundação é totalmente restringida à deslocamentos.	



Os resultados obtidos para alguns componentes da estrutura, pelas execuções, do programa do presente trabalho, e do programa apresentado em⁽¹³⁾, encontram-se nas tabelas IV-1 a IV-23, com os sinais de acordo com os sistemas de referência adotados, onde o primeiro dos programas mencionados será referido como PROG. 1 e o segundo como PROG. 2, sendo que este, é também um programa em linguagem FORTRAN, mas que se utiliza do computador BURROUGHS 6700 do C.C.E. da USP, e não usa o método da eliminação em série, e por isso mesmo, tem sua capacidade restrita à estruturas não muito complexas.

A razão pela qual não se fará comparações aos resultados obtidos pela aplicação do método das diferenças finitas, é que estes já foram comparados em⁽¹⁴⁾, e também pela característica diferente de saída de resultados.

Translação Z da estrutura (cm)		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	3,33	3,33
2	3,25	3,25
3	3,09	3,09
4	2,86	2,86
5	2,55	2,55
6	2,16	2,16
7	1,69	1,69
8	1,16	1,16
9	0,55	0,55

Tabela IV-1

Esforços normais no pilar 1 (tf)		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	0,400	0,401
2	0,674	0,675
3	0,362	0,361
4	-0,510	- 0,510
5	-1,958	- 1,958
6	-4,028	- 4,029
7	-6,801	- 6,802
8	-10,378	-10,380
9	-14,804	-14,806

Tabela IV-2.

Esforços normais no pilar 5 (tf)		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	0,201	0,201
2	0,522	0,522
3	0,883	0,883
4	1,307	1,308
5	1,788	1,788
6	2,306	2,306
7	2,822	2,822
8	3,273	3,273
9	3,563	3,563

Tabela IV-3

Momentos fletores superiores y_i , pilar 1 (tf.cm)		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	-2,0	-2,0
2	40,5	40,5
3	73,4	73,5
4	107,0	107,0
5	141,0	141,0
6	176,0	176,1
7	213,2	213,2
8	249,8	250,0
9	288,7	288,7

Tabela IV-4

Momentos fletores superiores zi, pilar 1 (tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	30,0	30,0
2	24,8	24,8
3	27,2	27,2
4	28,7	28,7
5	29,5	29,6
6	29,0	29,0
7	26,2	26,2
8	20,3	20,3
9	9,7	9,7

Tabela IV-5

Momentos fletores inferiores yi, pilar 1 (tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	-8,0	-8,0
2	27,6	27,6
3	60,8	60,8
4	94,7	94,7
5	129,4	129,5
6	165,6	165,6
7	205,0	205,0
8	243,1	243,1
9	391,6	391,7

Tabela IV-6

Momentos fletores inferiores zi, pilar 1 (tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	26,9	26,9
2	25,7	25,7
3	27,7	27,7
4	29,1	29,1
5	29,6	29,6
6	28,4	28,4
7	24,6	24,7
8	17,4	17,4
9	4,8	4,9

Tabela IV-7

Esforços cortantes superiores yi, pilar 1 (tf).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	-0,190	-0,190
2	-0,168	-0,168
3	-0,183	-0,183
4	-0,193	-0,193
5	-0,197	-0,197
6	-0,191	-0,191
7	-0,170	-0,170
8	-0,126	-0,126
9	-0,049	-0,049

Tabela IV-8

Esforços cortantes superiores zi, pilar 1 (tf).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	-0,033	-0,033
2	0,227	0,227
3	0,448	0,448
4	0,673	0,673
5	0,901	0,902
6	1,139	1,139
7	1,394	1,394
8	1,643	1,643
9	2,268	2,268

Tabela IV-9

Esforços cortantes inferiores yi, pilar 1 (tf).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	0,190	0,190
2	0,168	0,168
3	0,183	0,183
4	0,193	0,193
5	0,197	0,197
6	0,191	0,191
7	0,170	0,170
8	0,126	0,126
9	0,049	0,049

Tabela IV-10

Esforços cortantes inferiores zi, pilar 1 (tf)		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	0,033	0,033
2	-0,227	-0,227
3	-0,448	-0,448
4	-0,673	-0,673
5	-0,901	-0,902
6	-1,139	-1,139
7	-1,394	-1,394
8	-1,643	-1,643
9	-2,268	-2,268

Tabela IV-11

Momentos fletores superiores, pilar 5 (tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	31,7	31,7
2	28,8	28,8
3	29,7	29,7
4	30,2	30,2
5	29,8	29,8
6	28,0	28,0
7	24,3	24,3
8	18,0	18,0
9	8,3	8,3

Tabela IV-12

Momentos fletores inferiores, pilar 5 (tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	30,1	30,1
2	29,1	29,1
3	29,9	29,9
4	30,2	30,2
5	29,4	29,4
6	27,0	27,1
7	22,6	22,6
8	15,2	15,2
9	4,0	4,1

Tabela IV-13

Esforços cortantes superiores no pi- lar 5 (tf).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	-0,206	-0,206
2	-0,193	-0,193
3	-0,199	-0,199
4	-0,201	-0,201
5	-0,197	-0,197
6	-0,184	-0,184
7	-0,156	-0,156
8	-0,111	-0,111
9	-0,041	-0,041

Tabela IV-14

Esforços cortantes inferiores no pilar 5 (tf).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	0,206	0,206
2	0,193	0,193
3	0,199	0,199
4	0,201	0,201
5	0,197	0,197
6	0,184	0,184
7	0,156	0,156
8	0,111	0,111
9	0,041	0,041

Tabela IV-15

Esforços cortantes na viga 4, esquerda(*).(tf).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	-0,299	-0,299
2	-0,499	-0,499
3	-0,518	-0,518
4	-0,557	-0,557
5	-0,584	-0,584
6	-0,588	-0,588
7	-0,552	-0,553
8	-0,458	-0,458
9	-0,280	-0,280

Tabela IV-16

Esforços cortantes na viga 4, direita(*).(tf).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	0,299	0,299
2	0,499	0,499
3	0,518	0,518
4	0,557	0,557
5	0,584	0,584
6	0,588	0,588
7	0,552	0,553
8	0,458	0,458
9	0,280	0,280

Tabela IV-17

Momentos fletores na viga 4, esquerda(*).(tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	-30,0	-30,0
2	-51,7	-51,7
3	-52,9	-52,9
4	-56,4	-56,4
5	-58,7	-58,7
6	-58,6	-58,6
7	-54,6	-54,6
8	-44,9	-44,9
9	-27,1	-27,1

Tabela IV-18

(*) Painel com o n^o inicial à esquerda do observador.

Momentos fletores na viga 4, direita(*).(tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	-29,8	-29,9
2	-48,0	-48,0
3	-50,6	-50,6
4	-54,9	-54,9
5	-58,2	-58,2
6	-59,0	-59,0
7	-55,9	-55,9
8	-46,7	-46,7
9	-28,8	-28,8

Tabela IV-19

Momentos fletores superiores, pilar 7 (tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	0,0	0,0
2	0,0	0,0
3	0,0	0,0
4	0,0	0,0
5	0,0	0,0
6	0,0	0,0
7	0,0	0,0
8	0,0	0,0
9	0,0	0,0

Tabela IV-20

(*) Painel com o nó inicial à esquerda do observador.

Esforços cortantes superiores, pilar 7 (tf).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	0,000	0,000
2	0,000	0,000
3	0,000	0,000
4	0,000	0,000
5	0,000	0,000
6	0,000	0,000
7	0,000	0,000
8	0,000	0,000
9	0,000	0,000

Tabela IV-21

Esforços normais no pilar 4.(tf)		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	0,000	0,000
2	0,000	0,000
3	0,000	0,000
4	0,000	0,000
5	0,000	0,000
6	0,000	0,000
7	0,000	0,000
8	0,000	0,000
9	0,000	0,000

Tabela IV-22

Momentos fletores superiores, pilar 4. (tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	52,2	52,2
2	99,5	99,6
3	150,2	150,2
4	200,2	200,2
5	249,4	249,5
6	297,7	297,7
7	344,2	344,2
8	388,4	388,4
9	386,2	386,3

Tabela IV-23

3. EXEMPLO Nº 2

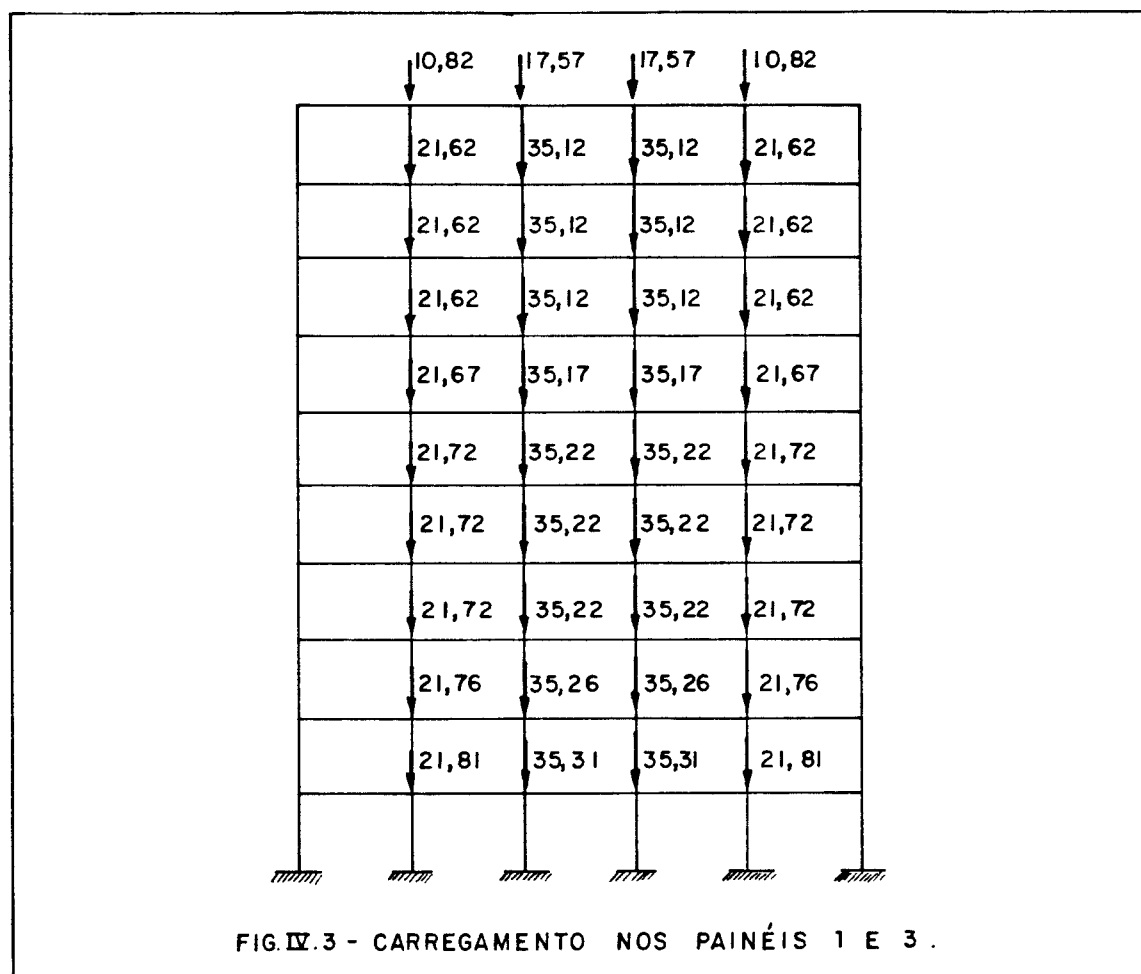
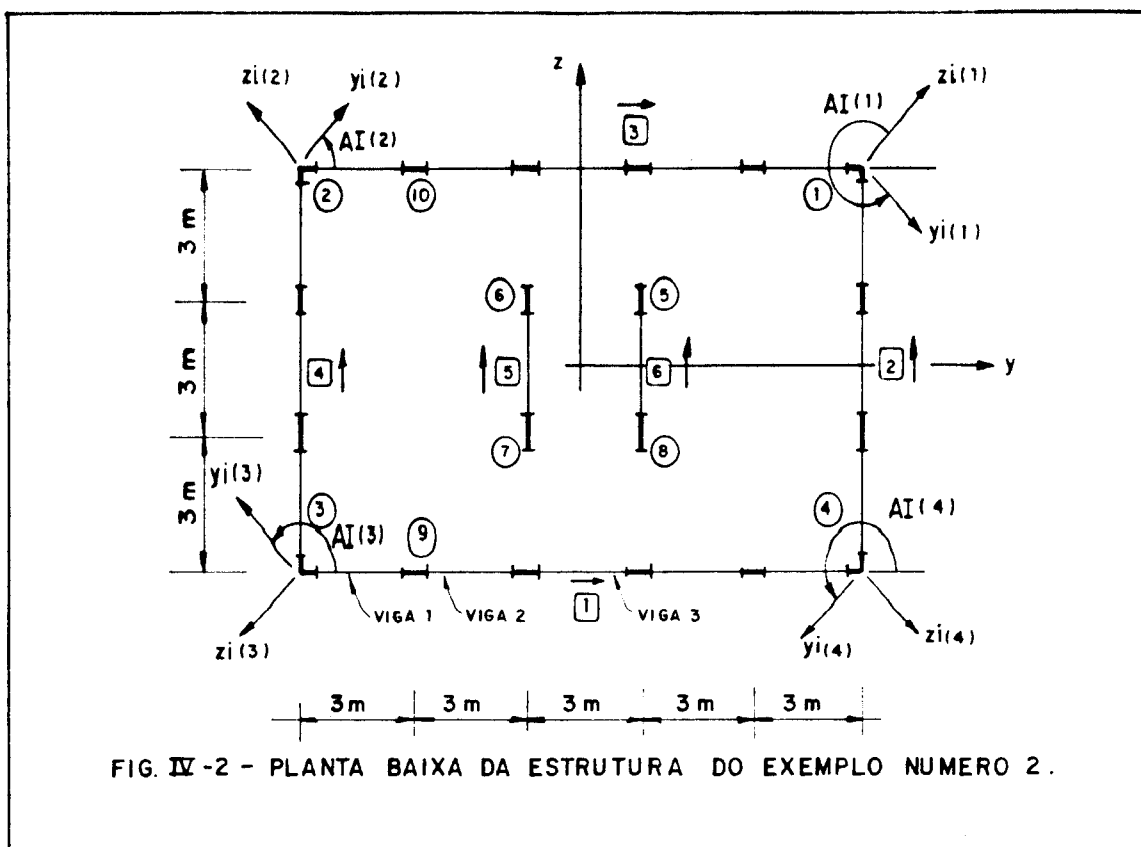
O exemplo aqui considerado, Fig. IV-2 apresentado em⁽¹⁵⁾, trata-se de um edifício de 10 pavimentos com as seguintes características:

- Altura dos andares : 4m
- Os pilares são constituídos por perfis 10WF60 nos dois andares inferiores, 10WF45 nos quatro seguintes e 10WF20 nos restantes. Os pilares de canto foram construídos utilizando os mesmos perfis adotados para os demais pilares dos níveis correspondentes cortando a alma de forma a resultar um perfil T com 8" de altura e soldando dois deles ortogonalmente pelas extremidades cortadas.
- Todas as vigas são formadas por perfis 10WF20.
- Os valores de E e G são respectivamente 2100 e 800tf/cm^2 .
- A composição de cargas está representada nas figuras IV-3 a IV-5 em tf, sendo que as cargas de vento foram supostas aplicadas na face maior do edifício e substituídas pelas equivalentes atuando nos níveis das lajes.

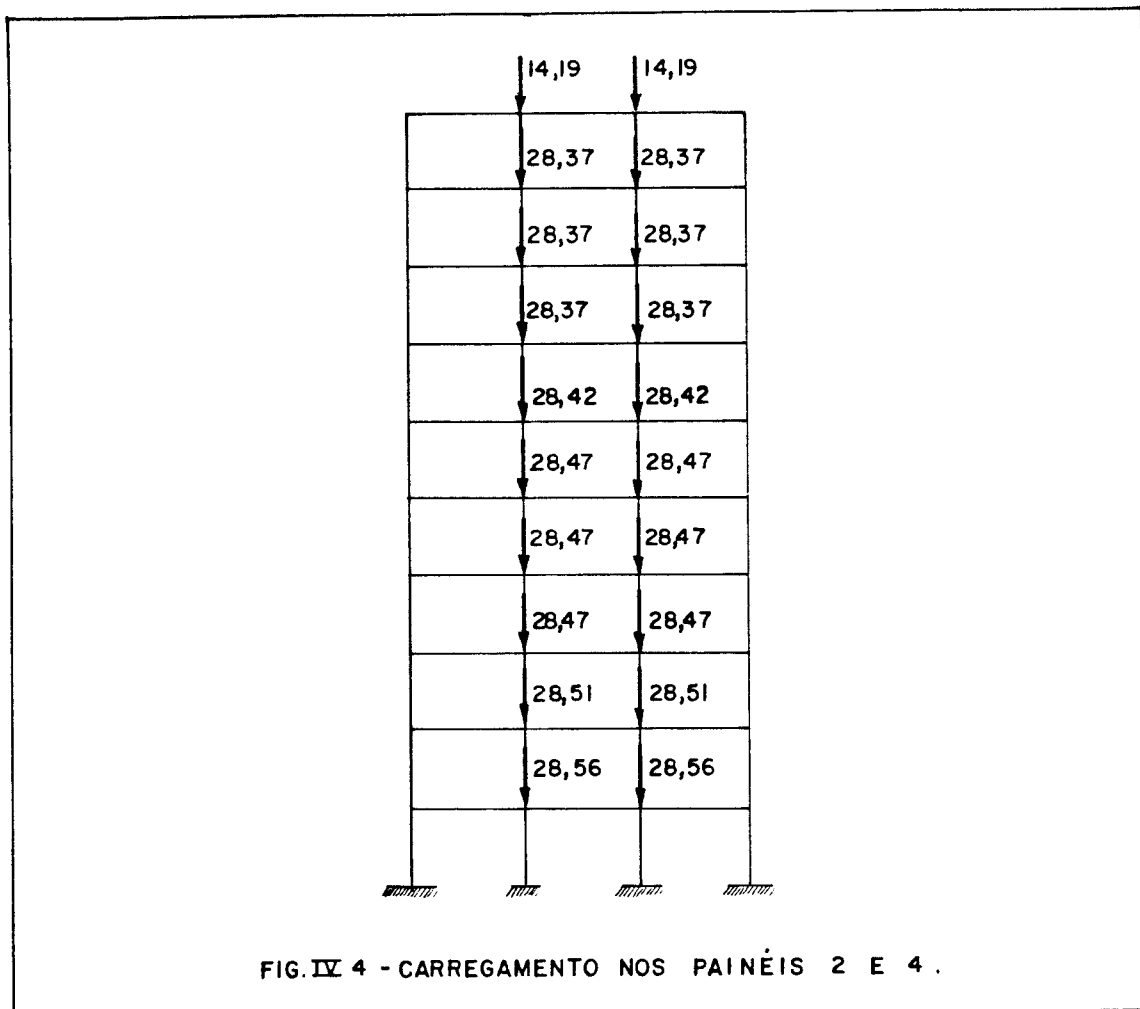
Este exemplo será tratado para dois casos de ligação estrutura-fundação:

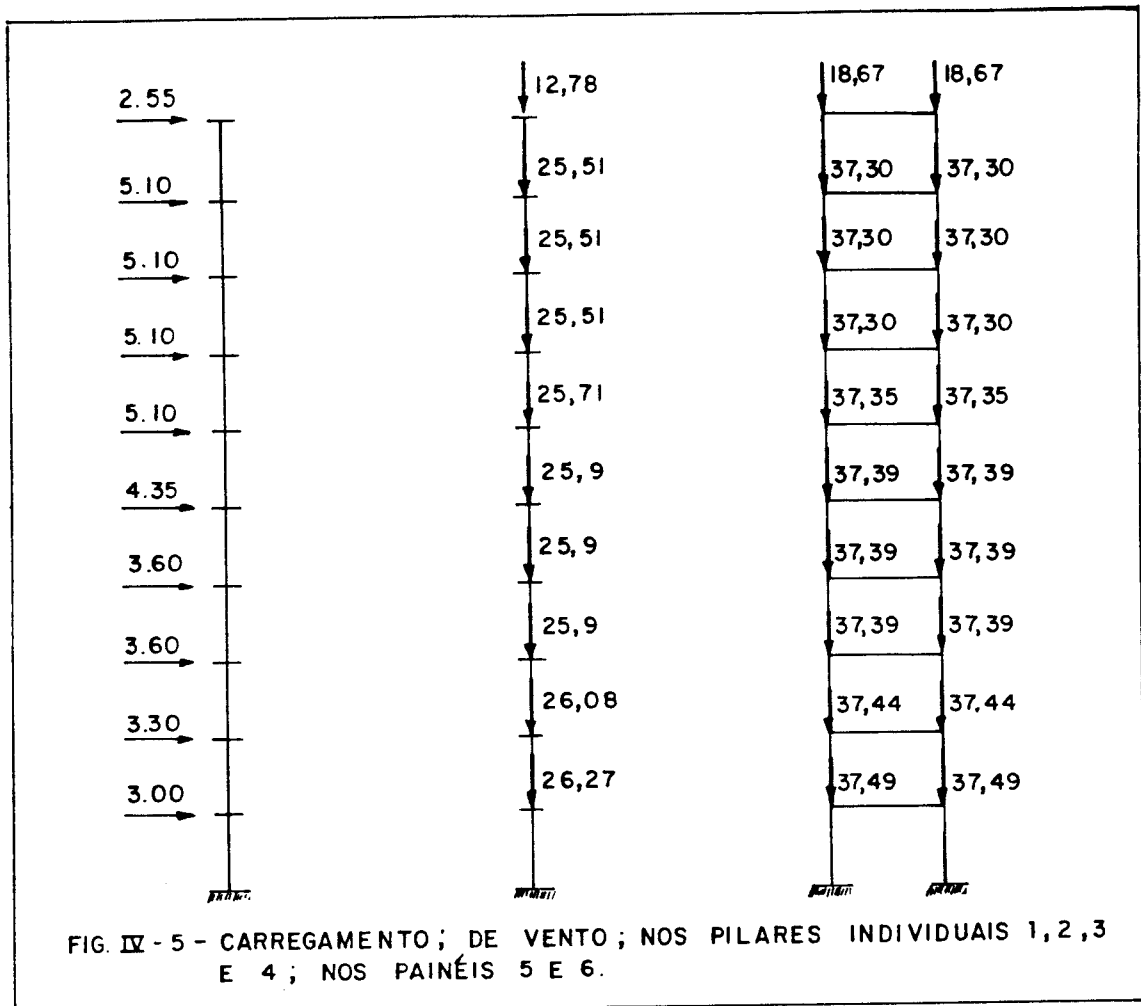
- caso a - todas as coordenadas na ligação estrutura-fundação são totalmente restringidas à deslocamentos.
- caso b - todos os nós na ligação estrutura-fundação são articulados.

Os resultados obtidos no caso a para alguns componentes da estrutura serão comparados aos apresentados em⁽¹⁶⁾, nas tabelas IV-24 a IV-40, valendo para estas as mesmas considerações feitas no primeiro exemplo, a respeito da nomenclatura e convenções de sinais usadas.



Para o caso b, os resultados obtidos para outros componentes da estrutura, serão comparados aos do caso a nas tabelas IV-41 a IV-46, com o objetivo de se verificar as variações ocorridas quando se altera a ligação estrutura-fundação.





Translação Z da estrutura (cm)		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	15,38	15,40
2	14,87	14,88
3	14,00	14,01
4	12,76	12,77
5	11,15	11,16
6	9,49	9,49
7	7,60	7,60
8	5,51	5,52
9	3,29	3,29
10	1,29	1,29

Tabela IV-24

Esforços normais no pilar 1 (tf)		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	- 13,533	- 13,522
2	- 40,908	- 40,914
3	- 68,724	- 68,731
4	- 96,953	- 96,958
5	-126,153	-126,170
6	-156,290	-156,290
7	-186,687	-186,690
8	-217,286	-217,300
9	-248,486	-248,490
10	-279,435	-279,440

Tabela IV-25

Esforços normais no pilar 9 (tf)		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	- 13,534	- 13,534
2	- 38,185	- 38,187
3	- 62,468	- 62,470
4	- 86,341	- 86,343
5	-109,990	-109,990
6	-133,434	-133,430
7	-156,367	-156,370
8	-178,711	-178,710
9	-200,681	-200,680
10	-222,293	-222,290

Tabela IV-26

Momentos fletores superiores yi, pi- lar 1 (tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	87,0	87,0
2	106,1	106,2
3	128,9	128,9
4	145,3	145,4
5	214,3	214,4
6	222,5	222,6
7	236,3	236,4
8	238,6	238,7
9	290,7	290,8
10	184,1	184,2

Tabela IV-27

Momentos fletores superiores zi, pi- lar 1 (tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	201,6	201,8
2	209,0	209,1
3	275,8	276,0
4	325,3	325,5
5	366,9	367,2
6	409,3	409,4
7	425,4	425,5
8	447,9	448,0
9	381,0	381,0
10	279,2	279,2

Tabela IV-28

Momentos fletores inferiores yi, pi- lar 1 (tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	82,2	82,2
2	101,8	101,9
3	124,1	124,1
4	136,4	136,5
5	202,7	202,8
6	216,2	216,3
7	231,3	231,4
8	227,9	228,0
9	292,9	293,0
10	259,1	259,3

Tabela IV-29

Esforços cortantes superiores z_i , pilar 1 (tf).			
Andar	PROG. 1	PROG. 2	
1	0,423	0,423	
2	0,520	0,520	
3	0,632	0,633	
4	0,704	0,705	
5	1,042	1,043	
6	1,097	1,097	
7	1,169	1,170	
8	1,166	1,167	
9	1,459	1,459	
10	1,108	1,109	

Tabela IV-32

Momentos fletores superiores, pilar 9 (tf.cm)			
Andar	PROG. 1	PROG. 2	
1	307,5	307,7	
2	245,6	245,7	
3	246,5	246,7	
4	223,1	223,3	
5	277,1	277,3	
6	228,2	228,3	
7	201,1	201,1	
8	155,5	155,5	
9	130,1	130,1	
10	59,3	59,3	

Tabela IV-33

Momentos fletores inferiores, pilar 9 (tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	275,6	275,7
2	247,5	247,7
3	243,6	243,7
4	205,7	205,9
5	256,7	256,8
6	220,2	220,3
7	189,9	190,0
8	132,2	132,2
9	109,5	109,5
10	29,7	29,7

Tabela IV-34

Esforços cortantes superiores no pi- lar 9 (tf).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	-1,458	-1,458
2	-1,233	-1,233
3	-1,225	-1,226
4	-1,072	-1,073
5	-1,335	-1,335
6	-1,121	-1,121
7	-0,977	-0,978
8	-0,719	-0,719
9	-0,599	-0,599
10	-0,222	-0,222

Tabela IV-35

Momentos fletores inferiores zi, pilar 1 (tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	130,7	130,8
2	162,9	163,1
3	221,1	221,3
4	277,0	277,2
5	308,3	308,6
6	352,4	352,6
7	374,9	375,1
8	439,3	439,4
9	448,1	448,2
10	988,9	989,2

Tabela IV-30

Esforços cortantes superiores yi, pilar 1 (tf).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	-0,831	-0,832
2	-0,930	-0,930
3	-1,242	-1,243
4	-1,506	-1,507
5	-1,688	-1,689
6	-1,904	-1,905
7	-2,001	-2,001
8	-2,218	-2,218
9	-2,073	-2,073
10	-3,170	-3,171

Tabela IV-31

Esforços cortantes inferiores no pilar 9 (tf).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	1,458	1,458
2	1,233	1,233
3	1,225	1,226
4	1,072	1,073
5	1,335	1,335
6	1,121	1,121
7	0,977	0,978
8	0,719	0,719
9	0,599	0,599
10	0,222	0,222

Tabela IV-36

Momentos fletores na viga 1, esquerda(*).(tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	- 17,0	- 17,1
2	- 77,9	- 78,1
3	-116,9	-117,1
4	-154,8	-154,9
5	-181,2	-181,4
6	-196,2	-196,4
7	-213,0	-213,1
8	-228,5	-228,6
9	-200,9	-201,0
10	-172,1	-172,1

Tabela IV-37

(*) Painel com o nó inicial à esquerda do observador.

Esforços cortantes na viga 1, esquerda(*).(tf).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	0,161	0,161
2	-0,343	-0,344
3	-0,494	-0,495
4	-0,656	-0,657
5	-0,838	-0,839
6	-0,958	-0,959
7	-1,024	-1,024
8	-1,086	-1,086
9	-0,972	-0,973
10	-0,833	-0,834

Momentos fletores na viga 3, esquerda(*).(tf.cm).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	130,8	130,7
2	87,9	87,8
3	89,0	88,9
4	83,4	83,3
5	63,9	63,8
6	49,5	49,4
7	42,8	42,7
8	33,3	33,3
9	19,3	19,3
10	9,0	9,0

Tabela IV-38

Tabela IV-39

(*) Painel com o nó inicial à esquerda do observador.

Momentos fletores superiores yi, pilar 3.(tf.cm).		
Andar	Caso a	Caso b
1	59,3	59,5
2	24,7	24,9
3	- 9,0	- 8,8
4	- 44,0	- 43,8
5	- 82,3	- 82,0
6	-116,4	-116,1
7	-151,3	-152,0
8	-179,9	-184,0
9	-241,9	-315,4
10	-165,7	-422,4

Tabela IV-41

Esforços cortantes na viga 3, esquerda(*).(tf).		
Andar	PROG. 1	PROG. 2
1	0,000	0,000
2	0,000	0,000
3	0,000	0,000
4	0,000	0,000
5	0,000	0,000
6	0,000	0,000
7	0,000	0,000
8	0,000	0,000
9	0,000	0,000
10	0,000	0,000

Tabela IV-40

Momentos fletores superiores zi, pi- lar 3.(tf.cm).		
Andar	Caso a	Caso b
1	35,3	33,7
2	- 76,8	- 77,7
3	-127,3	- 128,3
4	-196,7	- 197,8
5	-219,4	- 220,9
6	-297,2	- 299,1
7	-326,0	- 327,5
8	-375,0	- 397,2
9	-326,5	- 400,8
10	-258,4	-1219,3

Tabela IV-42

Momentos fletores inferiores yi, pi- lar 3.(tf.cm).		
Andar	Caso a	Caso b
1	58,0	58,1
2	25,8	26,0
3	- 8,9	- 8,6
4	- 44,3	- 44,1
5	- 80,3	- 80,0
6	-116,8	-116,3
7	-154,1	-154,3
8	-179,9	-176,6
9	-254,7	-295,2
10	-249,9	0,0

Tabela IV-43

Momentos fletores inferiores zi, pilar 3.(tf.cm).		
Andar	Caso a	Caso b
1	49,2	47,8
2	- 21,3	- 22,3
3	- 75,0	- 76,1
4	-163,4	-164,4
5	-177,0	-178,1
6	-243,3	-245,2
7	-282,2	-274,3
8	-379,5	-374,0
9	-405,3	28,6
10	-978,6	0,0

Tabela IV-44

Momentos fletores superiores, pilar 10.(tf.cm).		
Andar	Caso a	Caso b
1	219,7	218,3
2	164,9	163,7
3	152,1	150,9
4	124,2	123,1
5	143,1	141,5
6	108,4	106,9
7	78,5	76,4
8	45,3	44,7
9	23,6	13,0
10	0,8	-23,3

Tabela IV-45

Momentos fletores inferiores, pilar 10.(tf.cm).		
Andar	Caso a	Caso b
1	193,6	192,3
2	162,2	161,1
3	144,5	143,4
4	111,4	110,3
5	130,3	128,7
6	99,2	97,9
7	66,9	64,0
8	35,2	37,9
9	12,4	-16,8
10	0,4	0,0

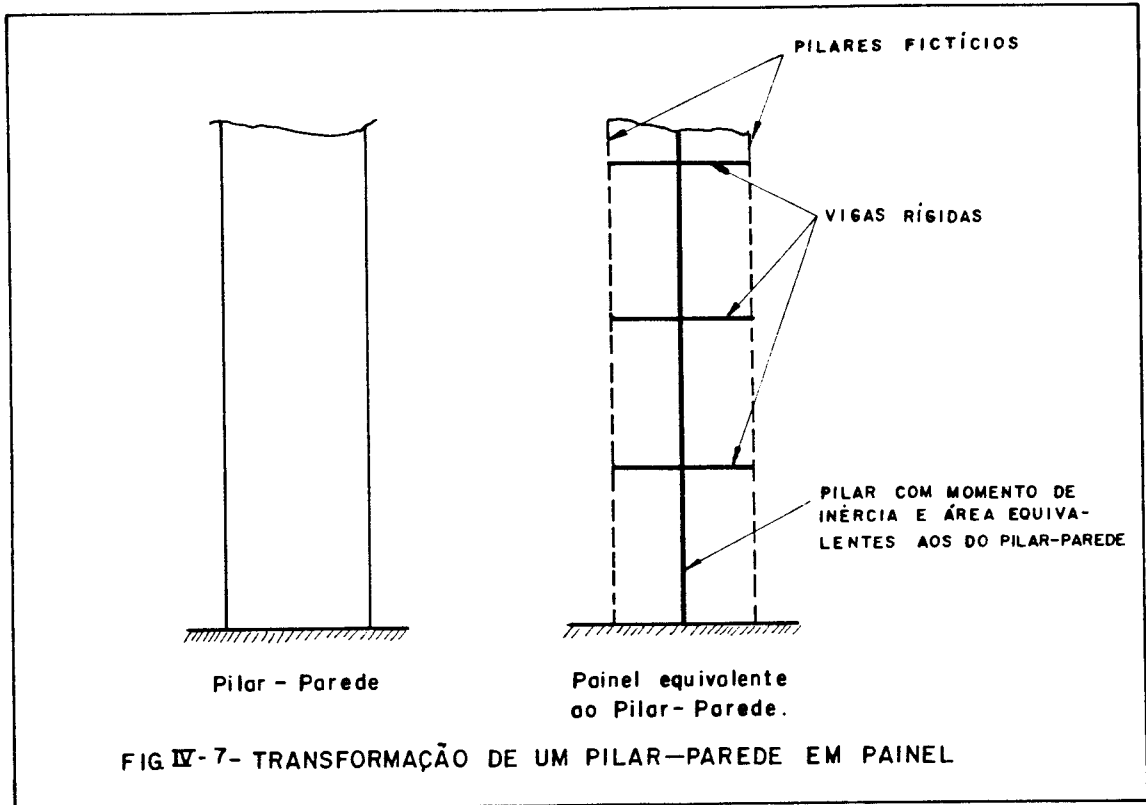
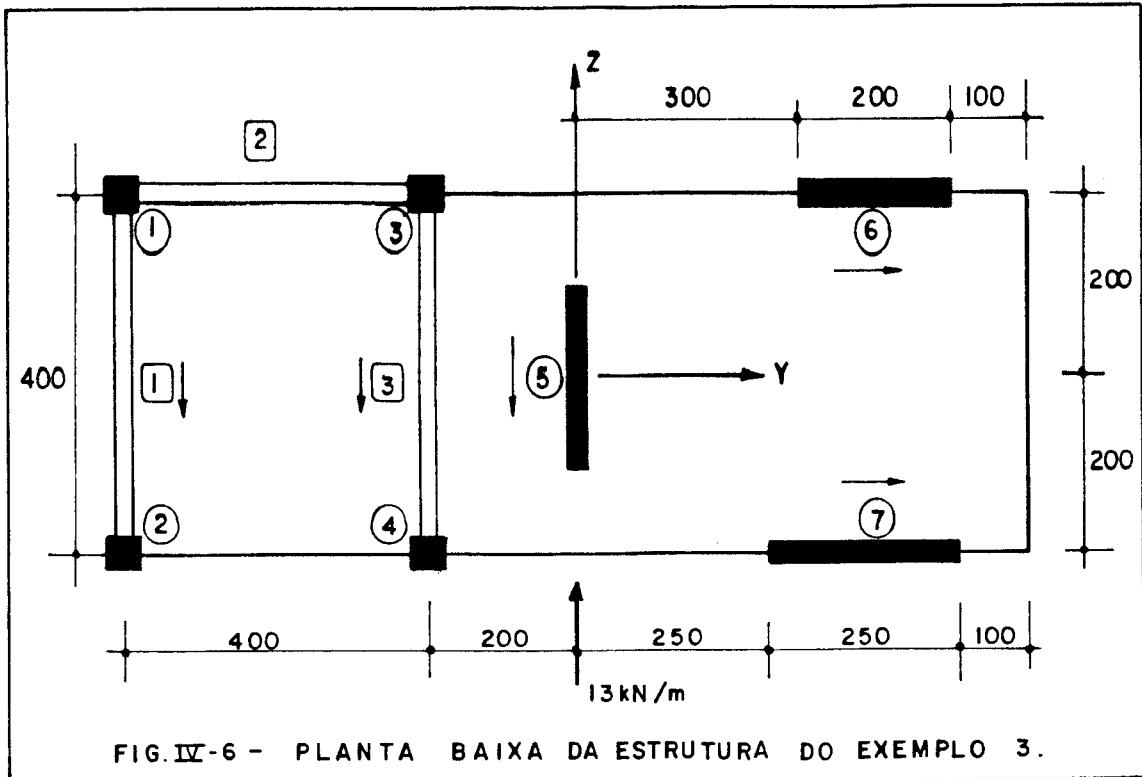
Tabela IV-46

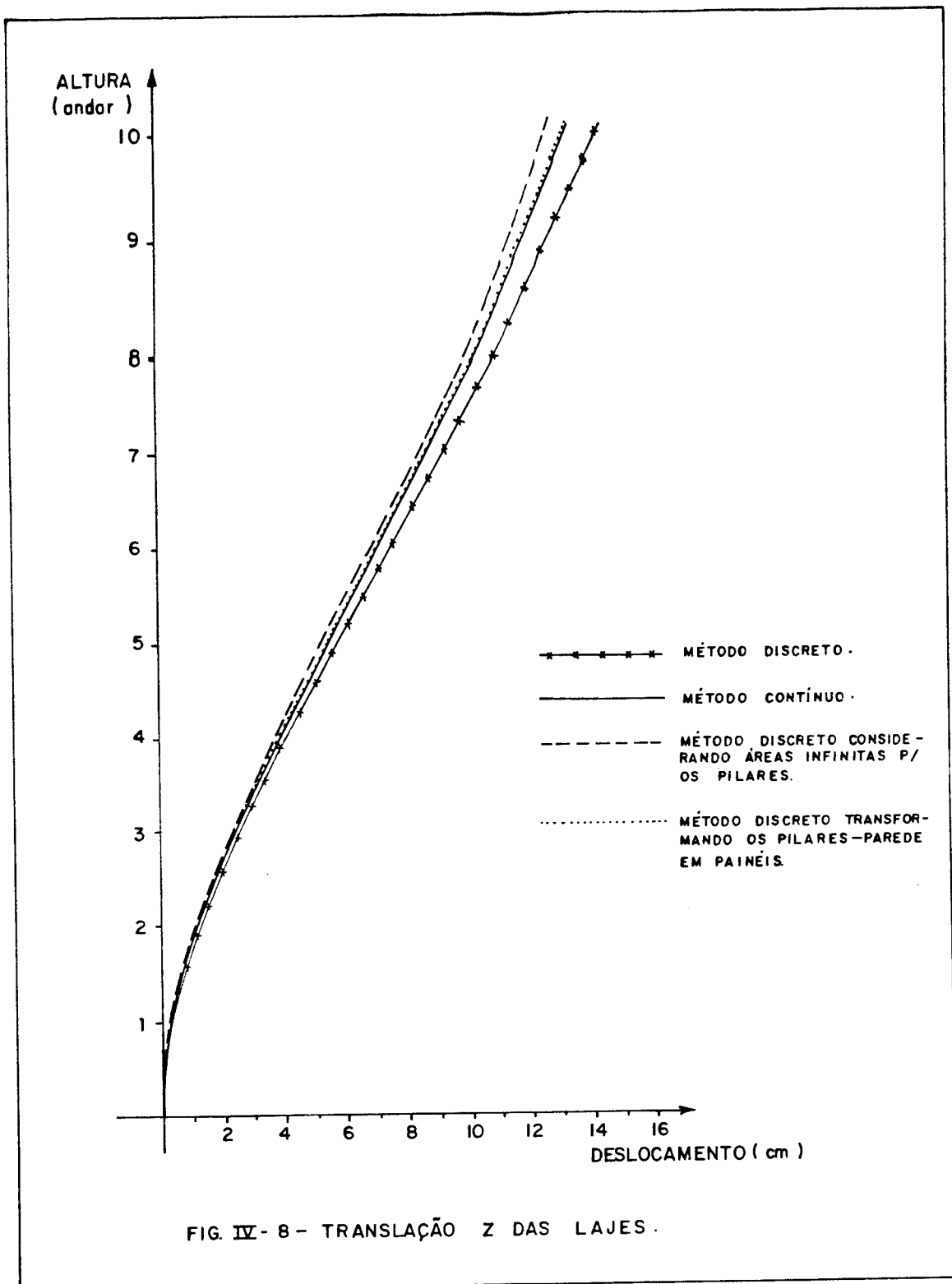
4. EXEMPLO Nº 3

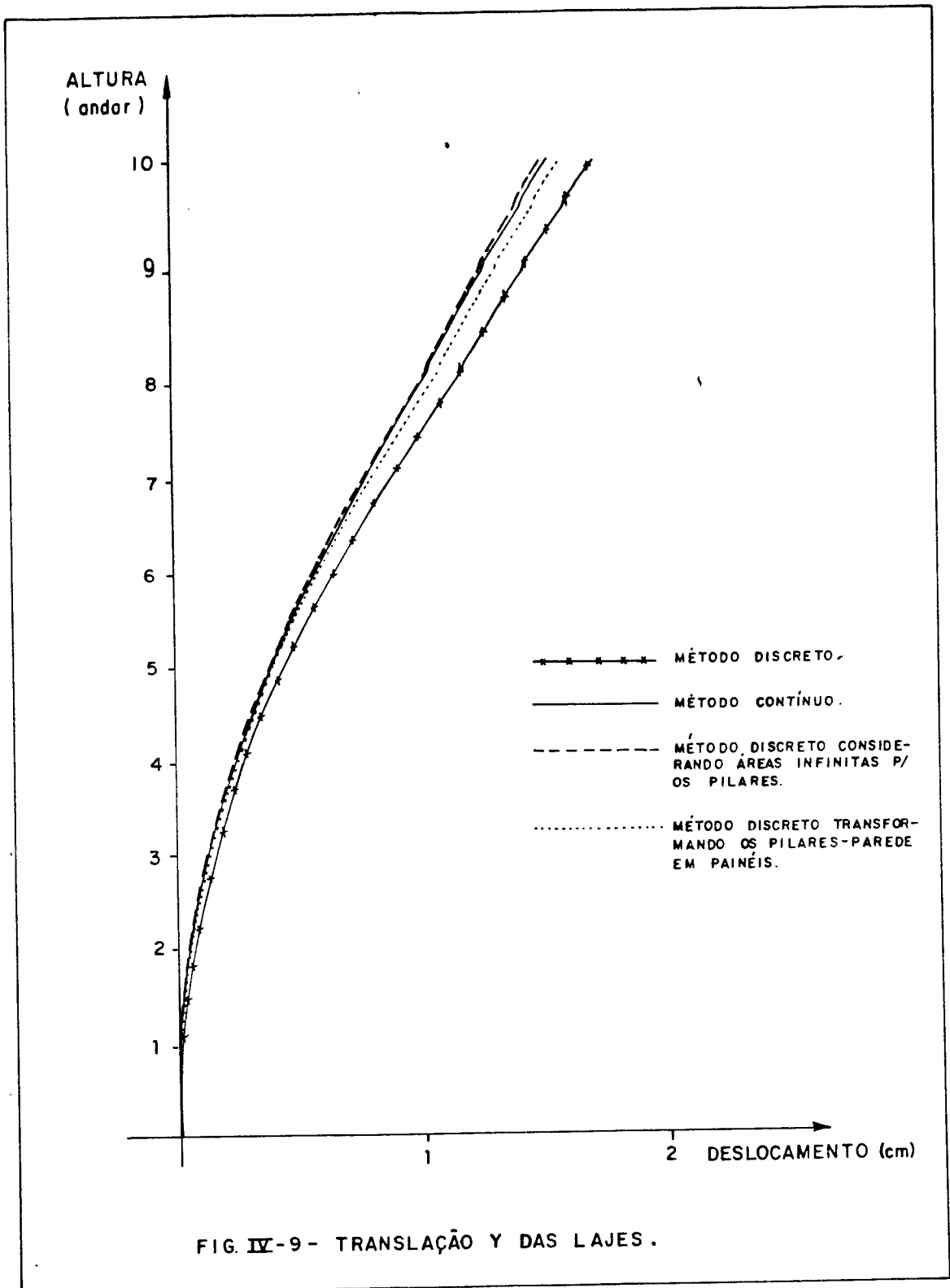
O exemplo de número 3, trata-se da estrutura de planta baixa representada na Fig. IV-6 apresentado em⁽¹⁷⁾ com as seguintes características:

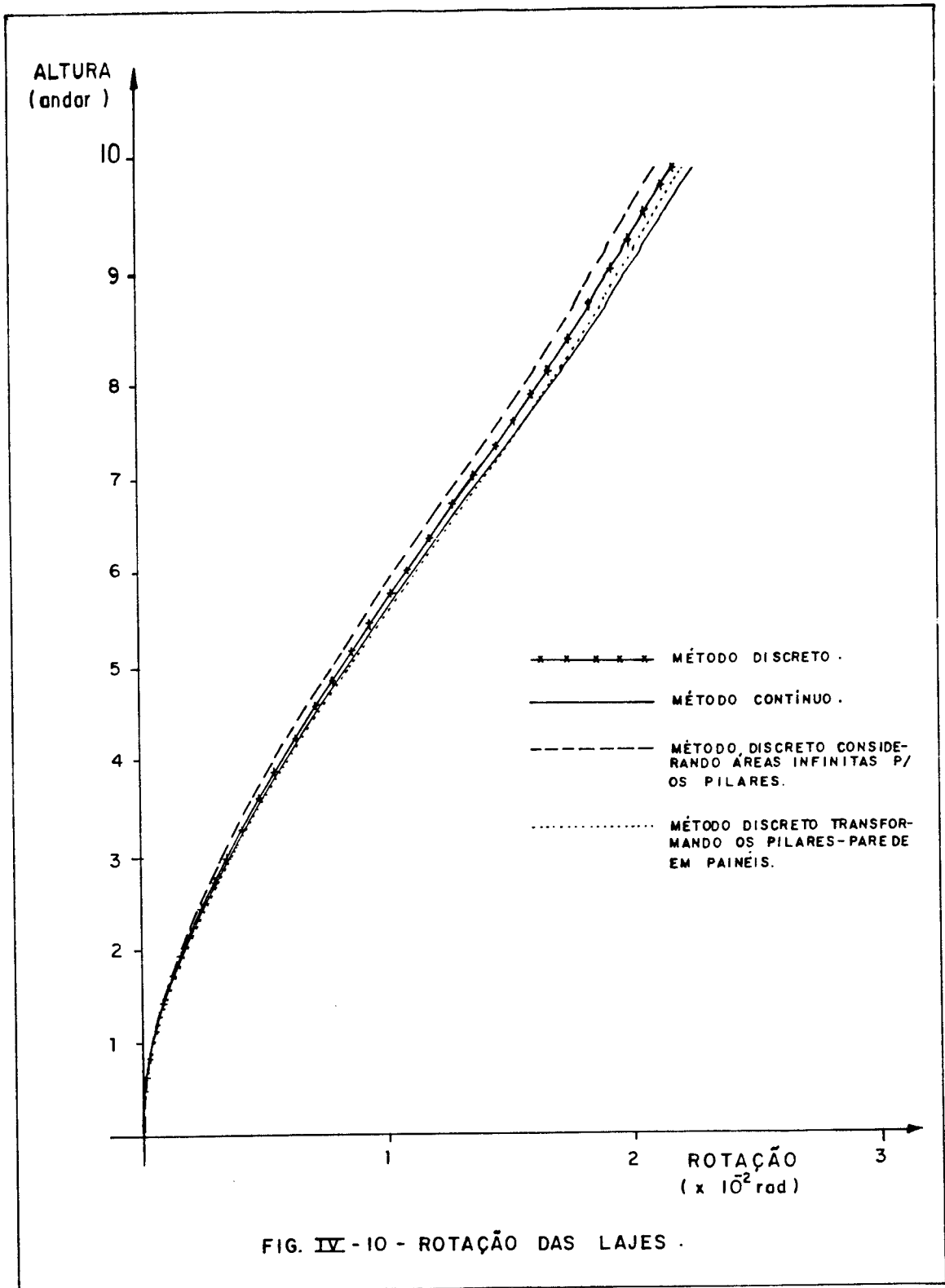
- dimensões das vigas : 20 x 50cm
- altura dos andares : 300cm
- altura do edifício : 10 andares
- carga aplicada ao longo do eixo Z: $q = 13\text{KN/m}$
- dimensões dos pilares:
 - pilares 1, 2, 3 e 4 : 40 x 40cm
 - pilares 5 e 6 : 25 x 200cm
 - pilar 7 : 25 x 250cm
- valores adotados para E e G : 2×10^7 e $8,5 \times 10^6$ KN/cm^2 respectivamente.

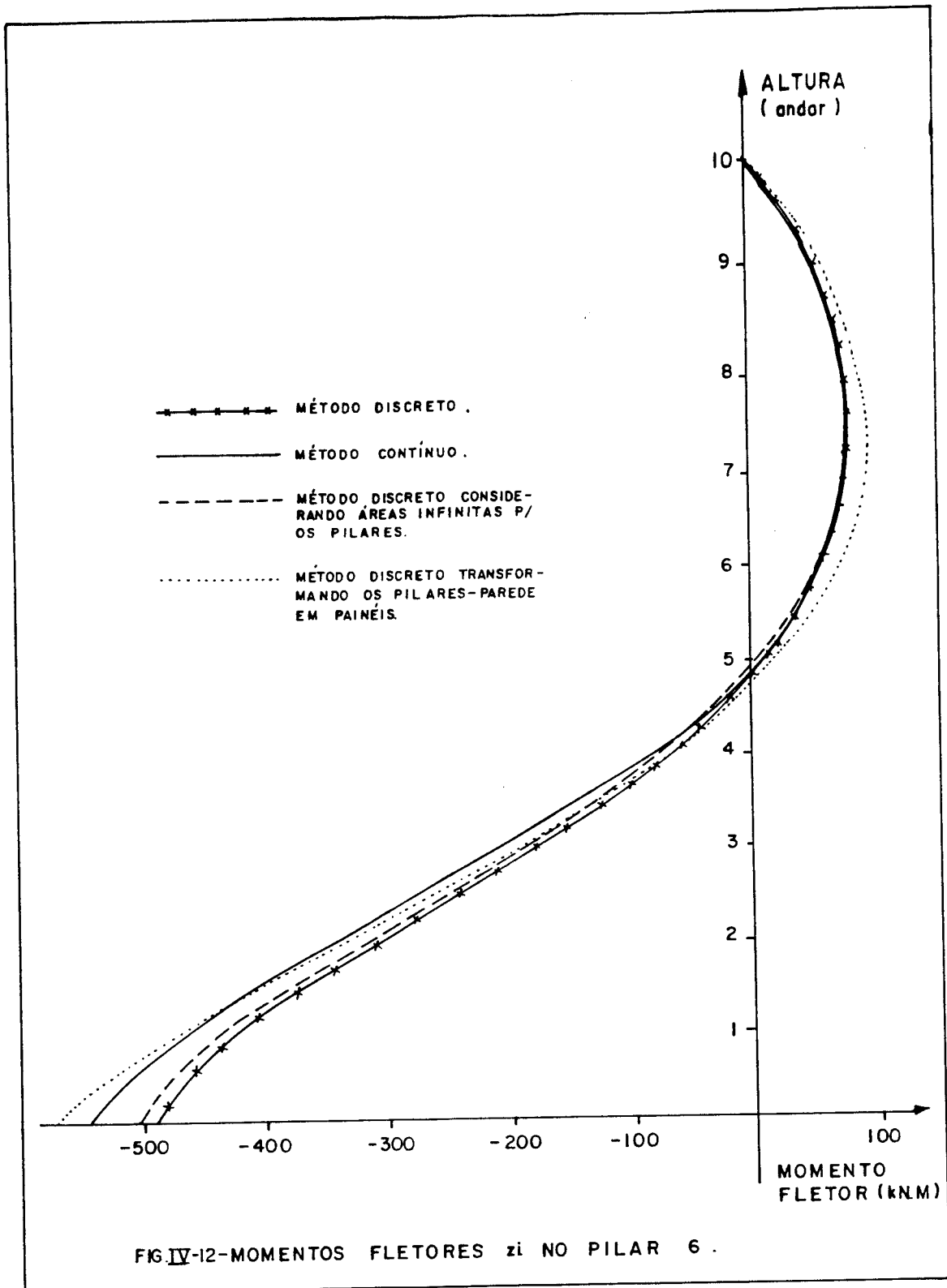
A comparação entre alguns resultados obtidos em⁽¹⁸⁾ e os provenientes da execução do programa do presente trabalho encontram-se nos gráficos das figuras IV-8 a IV-13, onde as curvas tracejadas representam os resultados quando se considera áreas infinitas para os pilares, em conformidade com as hipóteses feitas em⁽¹⁹⁾, ou seja, deformações nulas para esforços normais, e as curvas pontilhadas, referem-se aos resultados obtidos, quando se transforma os pilares parede em painéis constituídos de vigas e pilares, de acordo com o esquema da figura IV-7.

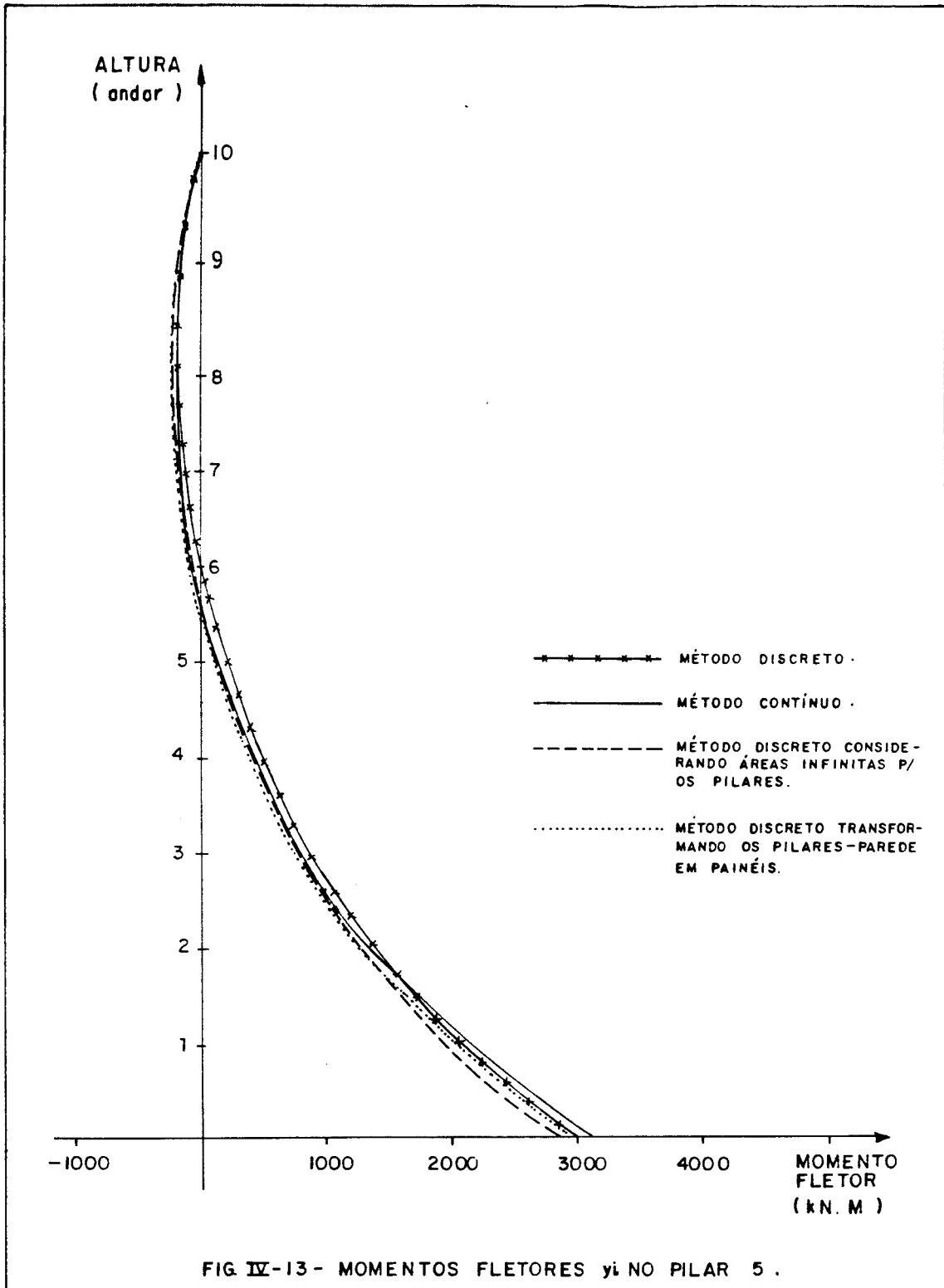












5. EXEMPLO Nº 4

Como exemplo de aplicação do programa do presente trabalho a estruturas tridimensionais sujeitas a recalques diferenciais, foi analisada a estrutura de planta baixa representada na fig. IV-14, com as seguintes características:

- número de andares: 5
- Altura dos andares: 400cm nos dois andares inferiores e 300cm nos demais.
- Dimensões dos pilares: 25 x 50cm
- Dimensões das vigas: 20 x 40cm
- Valores de E e G: 200 e 90tf/cm² respectivamente.
- Carregamento (sentido dos eixos de referência): Esforços cortantes aplicados nas alturas das lajes com valores de 0,90tf na direção Y e 1,6tf na direção Z nos três pavimentos inferiores, 1,10tf na direção Y e 1,95tf na direção Z no quarto pavimento, e 0,55tf na direção Y e 0,975tf na direção Z na laje de topo.
- Momentos torçores aplicados nas lajes com valores de 759tf.cm nos três pavimentos inferiores, 967,5tf.cm no quarto pavimento, e 483,75tf.cm na laje de topo.

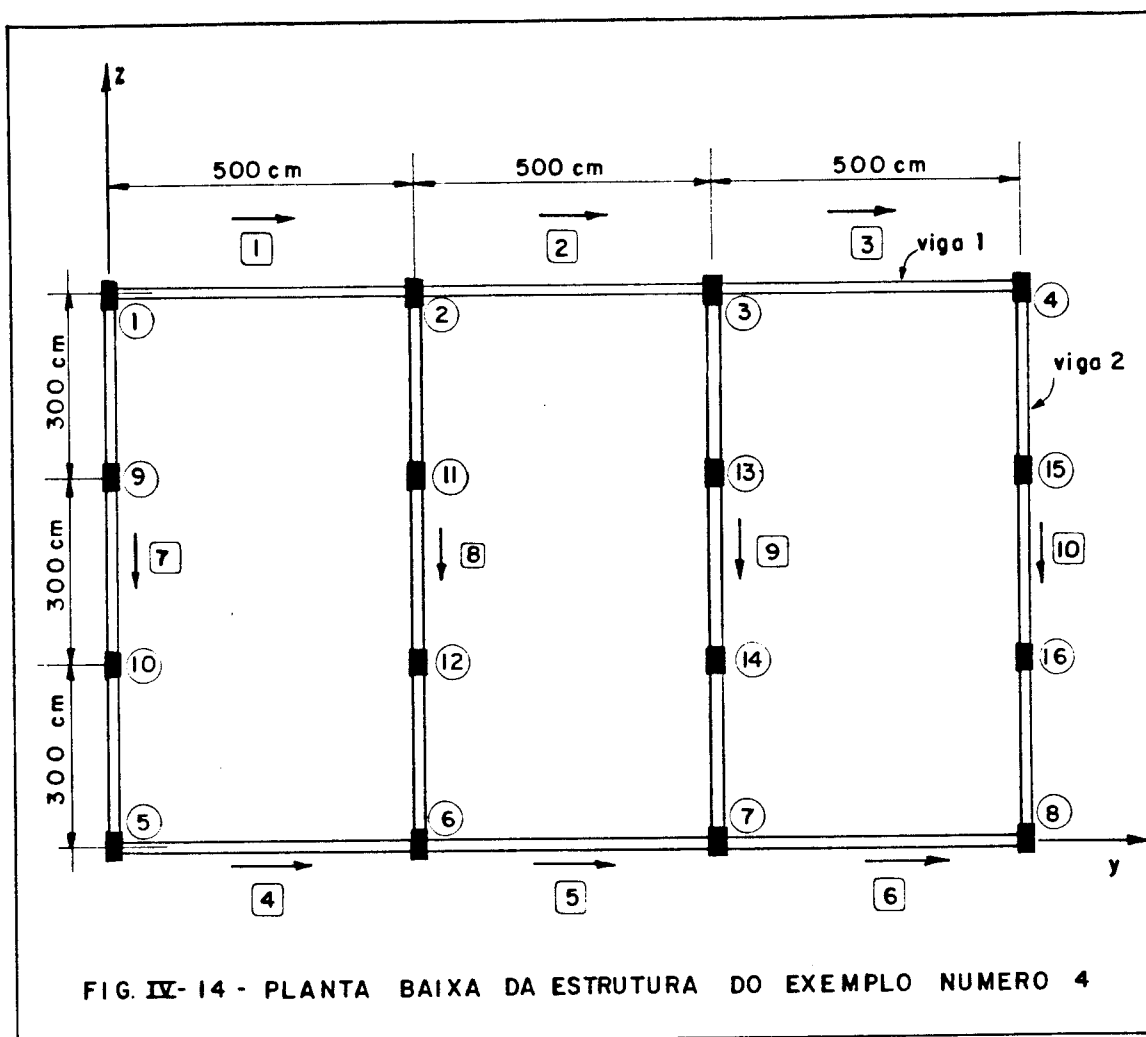
Este exemplo será tratado para dois casos de ligação estrutura-fundação, conforme se segue:

Caso a - todos os deslocamentos na referida ligação são nulos.

Caso b - idem ao caso a, exceto nos nós 3, 4, 13 e 15, onde existirão recalques diferenciais iguais a -1cm.

Os resultados obtidos no caso a para alguns componentes da estrutura serão comparados aos do caso b nas tabelas IV-47 a IV-64, com o intuito de mostrar as varia-

ções ocorridas nos mesmos devidas aos recalques diferenci-
ais. Os sinais apresentados para os resultados nas referi-
das tabelas, estão de acordo com os sistemas de referência
adotados.



Translação y da estrutura (cm)		
Andar	Caso a	Caso b
1	0,58	1,36
2	0,54	1,14
3	0,46	0,88
4	0,32	0,56
5	0,15	0,22

Tabela IV-47

Esforços normais superiores no pilar 3.(tf).		
Andar	Caso a	Caso b
1	-0,062	-0,026
2	-0,217	0,120
3	-0,490	0,020
4	-0,866	-0,271
5	-1,250	-0,536

Tabela IV-48

Esforços normais superiores no pilar 4.(tf).		
Andar	Caso a	Caso b
1	-0,086	- 2,042
2	-0,350	- 4,296
3	-0,857	- 6,921
4	-1,578	- 9,955
5	-2,391	-12,956

Tabela IV-49

Esforços normais superiores no pilar 15.(tf).		
Andar	Caso a	Caso b
1	-0,033	5,233
2	-0,068	11,148
3	-0,085	17,371
4	-0,086	24,295
5	-0,062	31,900

Tabela IV-50

Momentos fletores superiores yi, no pilar 4. (tf.cm)		
Andar	Caso a	Caso b
1	7,9	223,6
2	27,1	135,4
3	36,0	173,4
4	42,2	186,0
5	31,0	47,2

Tabela IV-52

Momentos fletores superiores yi, no pilar 3. (tf.cm).		
Andar	Caso a	Caso b
1	10,4	170,2
2	28,4	102,5
3	37,4	135,6
4	43,2	146,5
5	31,6	50,2

Tabela IV-51

Momentos fletores superiores z_i , no pilar 3. (tf.cm).		
Andar	Caso a	Caso b
1	-17,2	169,2
2	-42,2	94,5
3	-63,1	79,0
4	-82,6	61,8
5	-78,8	25,9

Tabela IV-53

Momentos fletores superiores z_i , no pilar 4. (tf.cm).		
Andar	Caso a	Caso b
1	-10,2	-32,60
2	-28,4	-35,90
3	-40,2	-52,20
4	-51,2	-66,81
5	-53,0	-67,70

Tabela IV-54

Esforços cortantes superiores y_i , no pilar 3.(tf).		
Andar	Caso a	Caso b
1	0,095	-1,065
2	0,258	-0,666
3	0,399	-0,546
4	0,542	-0,443
5	0,608	-0,088

Tabela IV-55

Esforços cortantes superiores y_i , no pilar 4.(tf).		
Andar	Caso a	Caso b
1	0,043	0,157
2	0,155	0,212
3	0,238	0,315
4	0,320	0,434
5	0,479	0,556

Tabela IV-56

Esforços cortantes superiores zi no pilar 3.(tf).		
Andar	Caso a	Caso b
1	0,027	0,916
2	0,128	0,685
3	0,199	0,881
4	0,275	1,196
5	0,422	1,013

Tabela IV-57

Esforços cortantes superiores zi, no pilar 4.(tf).		
Andar	Caso a	Caso b
1	0,012	1,234
2	0,119	0,920
3	0,190	1,146
4	0,268	1,551
5	0,419	1,235

Tabela IV-58

Esforços cortantes na viga 2, esquerda(*).(tf).		
Andar	Caso a	Caso b
1	-0,048	-1,747
2	-0,148	-1,973
3	-0,287	-2,230
4	-0,409	-2,503
5	-0,446	-2,390

Esforços cortantes na viga 1, esquerda(*).(tf).		
Andar	Caso a	Caso b
1	0,037	0,287
2	0,117	0,286
3	0,220	0,408
4	0,312	0,517
5	0,366	0,616

Tabela IV-61

Tabela IV-62

(*) Painel com o nó inicial à esquerda do observador.

Momentos fletores na viga 1, esquer- do(*).(tf.cm).		
Andar	Caso a	Caso b
1	8,50	110,8
2	27,50	92,4
3	51,60	124,2
4	73,43	149,3
5	85,27	177,0

Tabela IV-59

Momentos fletores na viga 2, esquer- da(*).(tf.cm).		
Andar	Caso a	Caso b
1	- 7,9	-223,6
2	-22,9	-281,9
3	-44,6	-314,2
4	-63,3	-356,5
5	-69,4	-326,5

Tabela IV-60

(*) Painel com o nó inicial à esquerda do observador.

Momentos fletores superiores zp, no pilar 15.(tf.cm).		
Andar	Caso a	Caso b
1	18,9	-221,4
2	42,1	-101,4
3	60,3	-117,2
4	73,4	-155,1
5	55,4	-265,5

Tabela IV-63

Momentos cortantes superiores no pilar 15.(tf.cm).		
Andar	Caso a	Caso b
1	-0,033	1,335
2	-0,068	0,760
3	-0,085	0,769
4	-0,087	0,936
5	-0,062	0,329

Tabela IV-64

CONCLUSÕES

Conforme foi dito anteriormente, o objetivo final deste trabalho seria o cálculo dos esforços internos nas extremidades das barras de edifícios altos, e notou-se que o objetivo foi atingido tanto no cálculo em si, como no fato de ser possível calcular edifícios bastante altos e com muitos nós. Logicamente era de se esperar que, utilizando os processos das subestruturas tridimensionais e da eliminação em série, a capacidade de execução fosse expressivamente maior do que para programas que não os usem.

É importante lembrar que, quanto maior for a memória auxiliar do computador, maior será a capacidade de execução do programa do presente trabalho, mantendo é lógico a memória virtual equivalente à do IBM-370 (aproximadamente 3 mega-bytes). Nos exemplos aqui apresentados, em nenhum caso foi utilizado mais do que 6 cilindros ($\approx 0,875$ mega-bytes), de memória auxiliar, valor este bem aquém dos 100 cilindros ($\approx 14,588$ mega-bytes), disponíveis no computador da EESC-USP. Donde se conclui, que o limite de execução é realmente bastante amplo.

É conveniente ressaltar no entanto que, devido ao fato de se trabalhar com memória auxiliar, era de se esperar que o tempo de execução fosse um pouco maior do que para programas que não a usem. Mas mesmo assim foi notado em todos os exemplos apresentados, uma rapidez de execução bem maior do que a esperada. Basta dizer que nestes exemplos, com o programa já compilado, e o computador não sobrecarregado, o tempo total de execução variava entre 3 e 6 minutos.

Quanto à validade dos resultados e a versatilidade do programa no tocante às variedades de ligação estrutura-fundação, os próprios exemplos apresentados com suas tabelas e gráficos comprovam por si só, que o programa realmente funciona conforme se esperava.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) WEAVER JR., W. - Computer programs for structural analysis. Princeton, D. Van Nostrand Company, INC., 1967. 300 p.
- 2) PRZEMIENIECKI, J.S. - Theory of matrix structural analysis. New York, McGraw-Hill, 1968. 467 p.
- 3) WEAVER JR., W., loc. cit.
- 4) PRZEMIENIECKI, J.S., loc. cit.
- 5) RUBINSTEIN, M.F. & ROSEN, R. - Substructure analysis by matrix decomposition. Journal of Structural Division, Proc. ASCE, New York, 96 (3): 663-670, Mar. 1970.
- 6) Loc. cit.
- 7) WEAVER JR., W., loc. cit.
- 8) RUBINSTEIN, M.F. & ROSEN, R., loc. cit.
- 9) CHEUNG, Y.K. & KING, I.P. - Computer methods and computer programs. In: ZIENKIEWICZ, O.C. - The finite element method in engineering science. London, McGraw-Hill, 1971. p. 450-463.
- 10) RUBINSTEIN, M.F. & ROSEN, R., loc. cit.
- 11) ANTUNES, H.M.C.C. - Carregamento crítico de instabilidade geral para estruturas tridimensionais de edifícios altos. São Carlos, EESC-USP, 1978. 160 p.
- 12) MANCINI, E. - Estrutura tubular de edifícios altos. São Carlos, EESC-USP, 1980. 29 p.
- 13) ANTUNES, H.M.C.C., loc. cit.
- 14) MANCINI, E., loc. cit.
- 15) ANTUNES, H.M.C.C. - Análise em segunda ordem de estruturas tridimensionais de edifícios altos. In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS COMPUTACIONAIS PARA ENGENHARIA CIVIL, 3,

Porto Alegre, 1979 - Anais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1979. p. 195-214.

16) Loc. cit.

17) RAMALHO, M.A. - Integração das equações da técnica do meio contínuo por polinômios de interpolação. São Carlos, EESC-USP, 1983. 138 p.

18) Loc., cit.

19) Loc., cit.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - ANTUNES, H.M.C.C. - Análise em segunda ordem de estruturas tridimensionais de edifícios altos. In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS COMPUTACIONAIS PARA ENGENHARIA CIVIL, 3, Porto Alegre, 1979 - Anais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1979. p. 195-214.
- 2 - ANTUNES, H.M.C.C. - Carregamento crítico de instabilidade geral para estruturas tridimensionais de edifícios altos. São Carlos, EESC-USP, 1978. 160 p.
- 3 - CHEUNG, Y.K. & KING, I.P. Computer methods and computer programs. In: ZIENKIEWICZ, O.C. - The finite element method in engineering science. London, McGraw-Hill, 1971. p. 450-463.
- 4 - GERE, J.M. & WEAVER JR., W. - Análise de estruturas reticuladas. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois, 1981. 443 p.
- 5 - MACLEOD, I.A. - Lateral stiffness of shear walls with openings. In: COULL, A. & SMITH, B.S. The Proceedings of a Symposium on Tall Buildings. Southampton, University of Southampton, 1966. p. 223-244.
- 6 - MANCINI, E. - Estrutura tubular de edifícios altos. São Carlos, EESC-USP, 1980. 29 p.
- 7 - PRZEMIENIECKI, J.S. - Theory of matrix structural analysis. New York, McGraw-Hill, 1968. 467 p.
- 8 - RAMALHO, M.A. - Integração das equações da técnica do meio contínuo por polinômios de interpolação. São Carlos, EESC-USP, 1983. 138 p.
- 9 - RUBINSTEIN, M.F. & ROSEN, R. - Substructure analysis by matrix decomposition. Journal of Structural Division, Proc. ASCE, New York, 96(3): 663-670, Marc., 1970.
- 10 - WEAVER JR., W. - Computer programs for structural analysis. Princeton, S. Van Nostrand Company, INC., 1967. 300 p.