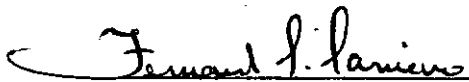
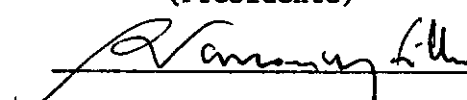


DETERMINAÇÃO DE LINHAS DE INFLUÊNCIA ATRAVÉS DE COMPUTADORES
DIGITAIS PELO MÉTODO DAS DEFORMAÇÕES IMPOSTAS

PAULO JORGE SARKIS

"TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS
DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTEN
ÇÃO DO GRAU DE "MESTRE EM CIÊNCIA" (M.Sc.)"

Aprovada por:


(Presidente)



RIO DE JANEIRO
ESTADO DA GUANABARA - BRASIL
FEVEREIRO DE 1971

à Lucy Cecília

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

Ao Professor Fernando Luiz Lobo B. Carneiro, pelo valioso apoio e dedicada orientação.

À CAPES, COPPE e UFSM, pelo auxílio financeiro recebido.

À Ana Rita, pela datilografia deste trabalho.

S I N O P S E

Desenvolvem-se as fórmulas e programações necessárias para transformar um programa inicialmente destinado ao cálculo de uma estrutura, em um programa para determinação de linhas de influência para a mesma estrutura.

Os estudos são gerais e independem do programa base ou do tipo de estrutura, mas uma ilustração é fornecida, tomando-se por base o programa proposto por GERE and WEAVER² para o cálculo de pórticos planos e adaptando-o para determinação de linhas de influência em pórticos planos.

Os princípios físicos utilizados para obter-se as linhas de influência e caracterizados no título do trabalho por "Método das deformações impostas", baseiam-se nos teoremas de Land e de Betti e estão demonstrados em Beluzzi¹.

Diagrama de blocos, listagem em Fortran e exemplos de aplicação do programa para pórticos planos, são fornecidos nos apêndices.

S Y N O P S I S

The author develops the formulas and the programming necessary to transform a program firstly destined to the analysis of a structure in a program for the determination of influence lines for the same structure.

The studies are general and independent of the basic program or of the type of structure; a particular example is given utilizing the program proposed by Gere and Weaver² for the analysis of plane frames and adapting it for the determination of influence lines in plane frames.

The physical principles used to obtain the influence lines, characterized in the title of the work by "Method of the forced deformations" are based on Land's and Betti's theorems and are demonstrated in Beluzzi¹.

Block diagram, Fortran Listtings and sample problems of the program for plane frames, are given in the appendixes.

Í N D I C E

DEDICATÓRIA.....	i.
AGRADECIMENTOS.....	ii.
SINOPSE.....	iii.
SYNOPSIS.....	iv.
I - INTRODUÇÃO.....	1.
II - NOTAÇÃO E EIXOS DE REFERÊNCIA.....	3.
III - FUNDAMENTAÇÃO FÍSICA DO MÉTODO.....	6.
IV - DETALHES DA PROGRAMAÇÃO.....	12.
V - CONSIDERAÇÕES DE MEMÓRIA E DE TEMPO DE EXECUÇÃO.....	17.
VI - CARTÕES DE DADOS E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	19.
VII - CONCLUSÕES.....	21.
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23.
APÊNDICE 1 - DIAGRAMA DE BLOCOS PARA PÓRTICOS PLANOS.....	24.
APÊNDICE 2 - LISTAGEM DO PROGRAMA PARA PÓRTICOS PLANOS.....	39.
APÊNDICE 3 - EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DO PROGRAMA PARA PÓRTICOS PLANOS.	50.
APÊNDICE 4 - GRÁFICOS DE ALGUNS EXEMPLOS.....	63.

I - INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das modernas técnicas de cálculo estrutural através de computadores digitais, tem-se ressentido da falta de um programa rápido e relativamente compacto capaz de determinar linhas de influência* para qualquer tipo estrutural.

Neste trabalho, procuramos preencher esta lacuna com uma programação que consiste em se calcular a deformada do eixo das barras da estrutura depois de se imporem cortes e solicitações convenientes à estrutura. Este procedimento é baseado no teorema de Land que por sua vez, baseia-se no teorema de reciprocidade de Betti e se encontra fartamente ilustrado e demonstrado nos compêndios de hiperestática, dos quais salientamos Beluzzi¹.

Os efeitos cujas linhas de influência estão abordados neste trabalho, são reações de apoio e esforços solicitantes. Em quaisquer casos foi considerada, como esforço externo unitário, uma força sempre perpendicular ao eixo das barras da estrutura.

Os estudos foram desenvolvidos de maneira a se aplicarem a qualquer estrutura para a qual já se tenha um programa capaz de fornecer os deslocamentos dos nós e os esforços de extremidade das barras.

Este programa, por nós chamado de Programa base, é um pré-requisito para aplicação do método proposto. Além das condições citadas,

* - Adotou-se a definição de linha de influência constante em ABCP³; "Diagrama que representa determinado efeito, que se verifica em dada seção da barra, oriundo de esforço externo unitário, em função da posição desse esforço externo sobre a estrutura."

o programa base deve ser capaz de analisar estruturas com articulações nas extremidades das barras.

A nomenclatura adotada concernente à análise estrutural, é a mesma proposta por Gere and Weaver² e a que se refere a novas grandezas características do método, estão esclarecidas em capítulo especial.

Apesar dos princípios gerais aplicáveis a qualquer programa, a partir do capítulo III, o estudo é orientado no sentido de adaptar-se o programa de análise de pórticos proposto por Gere and Weaver² para a determinação de linhas de influência em pórticos.

As fórmulas principais utilizadas, suas fontes ou deduções e detalhes de programação, encontram-se nos capítulos III e IV.

O restante da programação fica completamente esclarecido com os apêndices fornecidos.

No apêndice 1, é fornecido um detalhado diagrama de blocos.

No apêndice 2, é fornecido uma listagem completa do programa para linha de influência em pórticos com comentários elucidativos das diversas fases, seguindo-se nos apêndices 3 e 4, exemplos variados de linhas de influência, inclusive com utilização propositada das mensagens de erro providas pelo programa.

Considerações de memória e tempo de execução, formatos dos cartões de dados e interpretação dos resultados do programa fornecido e conclusões gerais, compõem os capítulos V, VI e VII.

II - NOTAÇÃO E EIXOS DE REFERÊNCIA

A notação relativa a análise matricial de estruturas empregada neste trabalho, é a mesma adotada por Gere and Weaver². Os identificadores novos, introduzidos no programa fornecido no apêndice 2 e suas utilizações são as seguintes:

- NPG - número de ordem do pórtico analisado. É fornecido pelo usuário como dado e será impresso no título do Programa. Se não for fornecido o programa assume como sendo zero.
- NULT - identificador da última estrutura a ser analisada. Se o seu valor for zero, o programa determina as linhas de influência solicitadas e retorna para iniciar a análise de uma nova estrutura. Se for diferente de zero, o programa assume a estrutura informada como sendo a última.
- LIB() - identificador do tipo de vinculação da extremidade final da barra para os coeficientes da matriz de rigidez de membro.
- 0 - indica que a extremidade final é um engastamento perfeito.
- 1 - indica que a extremidade final é uma rótula.
- 2 - indica que a extremidade final é liberada à cortante.
- 3 - indica que a extremidade final é liberada à esforço normal.
- NCLI - identificador do tipo de linha de influência desejada de acôrd

do com os valores:

- 1 - Reação (momento) de engastamento.
- 2 - Reação vertical.
- 3 - Reação horizontal.
- 4 - Momento fletor.
- 5 - Esforço cortante.
- 6 - Esforço normal.

NGR - número geral de referência que indica o apoio ou a barra onde se deseja a linha de influência.

NPI - número de pontos intermediários por barra em que se deseja conhecer os valores da linha de influência. Pode ser no máximo 10. Quando não for informado, o programa toma-o igual ao máximo.

NULC - identificador da última linha de influência. Utilização semelhante a NULT.

AL - abscissa do ponto da barra onde se deseja a linha de influência, referida ao sistema de coordenadas da barra.

VF - valor da força ou momento aplicado na direção da ligação interna ou externa eliminada. Quando o seu valor não é fornecido, o programa toma-o igual a 1 (v.capítulo III).

BL - Complemento de AL para se obter o comprimento da barra.

CM() - constantes de multiplicação associadas a cada posição da matriz de rigidez de membro e que transforma esta matriz, con-

forme o valor de $LIB()$.

DSS - deslocamento correspondente a ligação externa eliminada ou à ligação interna cortada. (V.capítulo III).

ACR - distância entre os pontos de uma barra em que se calculam os valores da linha de influência.

ABC() - Abcissas dos pontos de uma barra onde se calculam os valores da linha de influência, referida ao sistema de coordenadas da barra.

ORD() - ordenada da linha de influência no ponto de abscissa ABC() correspondente, referida ao sistema de coordenadas da barra.

Convém citar ainda com referência a notação, que os esforços de extremidade de barra $AML(,)$, que interessam ao programa, são o esforço cortante e o momento fletor na extremidade inicial que por isso serão numerados 1 e 2, respectivamente, ao invés de 2 e 3, como Gere and Weaver² (v.capítulo III).

Quanto aos sistemas de referência utilizados, são os mesmos preconizados na obra já referida.

Faces inferior e superior da barra, deve ser interpretadas supondo-se o eixo dos yy orientado de baixo para cima.

Lados esquerdo e direito da barra, devem ser interpretados, supondo-se o eixo dos xx orientado da esquerda para a direita.

III - FUNDAMENTAÇÃO FÍSICA DO MÉTODO

A base física do método empregado é o teorema de Land que por sua vez, baseia-se no teorema da reciprocidade de Betti e se encontra demonstrado nos compêndios de hiperestática como Beluzzi¹.

Básicamente, podemos enunciar as conclusões deste teorema da seguinte maneira:

"Se cortarmos uma das ligações interiores existentes numa seção qualquer das barras da estrutura (ou eliminarmos uma ligação exterior num apoio), e a seguir aplicarmos pares de esforços de valores iguais e sentidos opostos nas faces do corte e correspondente à ligação cortada (ou aplicarmos um esforço correspondente à ligação exterior eliminada) a estrutura irá se deformar. Se tomarmos em cada ponto das barras da estrutura, o deslocamento transversal deste ponto da barra e dividirmos pelo deslocamento relativo entre as faces do corte e correspondente a ligação cortada (ou pelo deslocamento do apoio na direção da ligação exterior eliminada) o resultado representará no ponto considerado, o valor da linha de influência do esforço interno correspondente à ligação cortada (ou da reação de apoio correspondente à ligação exterior eliminada)"

Resulta daí que para se obter a linha de influência de um esforço interno ou de uma reação de apoio pelo método das deformações impostas, procede-se de acordo com os passos ilustrados a seguir.

Seja a estrutura da Fig. 1

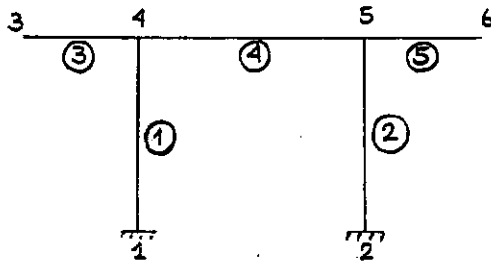


Fig. 1

a) Linha de influência de reação de apoio. Por ex: Reação (Momento) de engastamento no apoio 1

1) Libera-se a ligação exterior correspondente à reação cuja linha de influência se procura. (Fig.2).

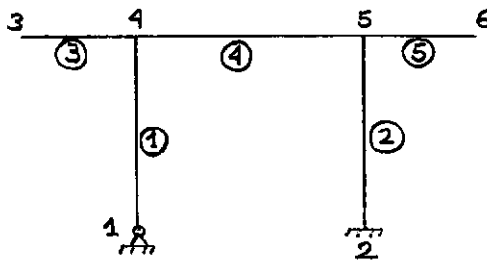


Fig. 2

2) Aplica-se um esforço correspondente à ligação liberada (Fig.3).

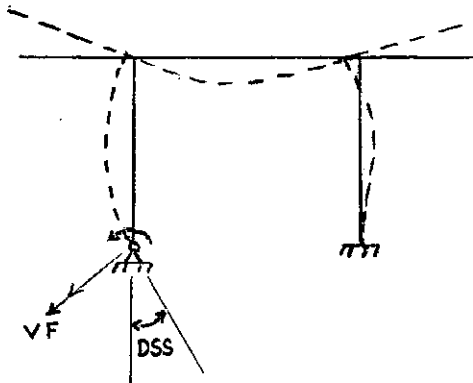


Fig. 3

- 3) Calcula-se o deslocamento do apoio na direção liberada (DSS)(fig.3).
- 4) Calculam-se os deslocamentos transversais dos pontos das barras da estrutura já divididos pelo deslocamento calculado no item anterior.
- 5) O resultado representa a linha de influência procurada (Fig.4).

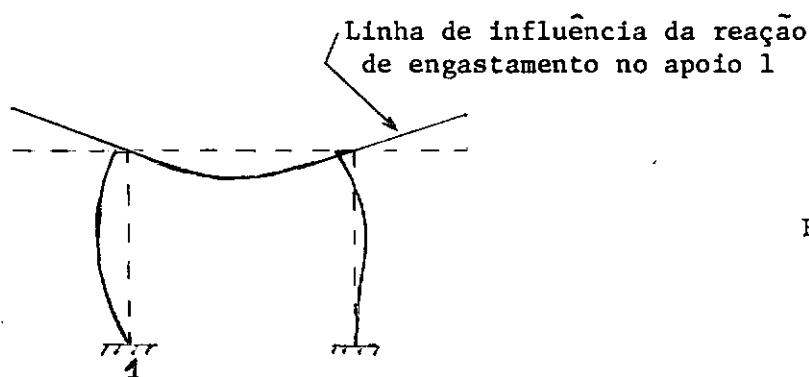


Fig. 4

b) Linha de influência de esforço interno. Por ex: Esforço Cortante no Centro da Barra 4.

- 1) Cria-se um novo nó no ponto cuja linha de influência se procura, criando-se, conseqüentemente, uma nova barra.(Fig.5)

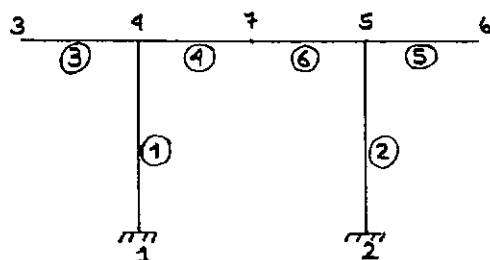


Fig. 5

- 2) A uma das barras concorrentes no nó, dá-se uma vinculação tal que seja liberado o esforço interno, cuja linha de influência se procura, realizando-se desta maneira, um corte na estrutura. Deve-se cuidar para que nenhum outro esforço seja liberado. (Fig.6)

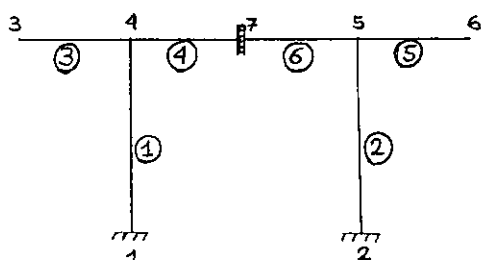


Fig. 6

- 3) No nó criado e na extremidade liberada da barra, aplica-se um par de esforços de valores iguais mas de sentidos contrários e correspondentes à liberação feita. (Fig.7)

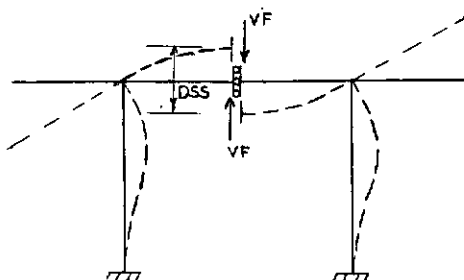


Fig. 7

- 4) Calcula-se o deslocamento (DSS) entre as faces do corte, na direção liberada. (Fig.7).
- 5) Calculam-se os deslocamentos transversais dos pontos das barras da estrutura já divididos pelo deslocamento calculado no item anterior.
- 6) O resultado representa a linha de influência procurada (Fig.8)

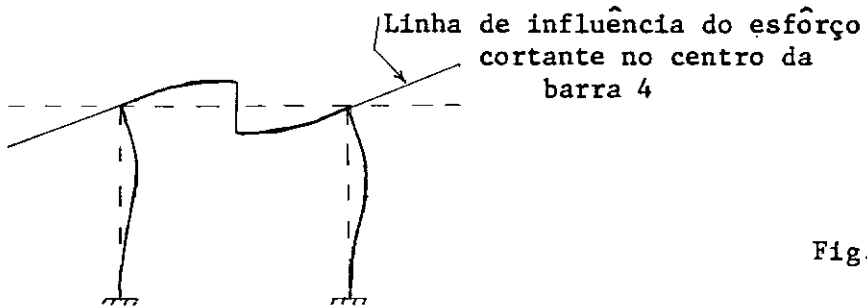


Fig. 8

Outra fundamentação física utilizada na programação, consiste em calcular as deformações transversais, nos pontos intermediários das barras em função dos deslocamentos do nó inicial de cada barra e dos esforços cortantes e momentos fletores na extremidade inicial. Isto é possível porque a natureza do método empregado não prevê a atuação de cargas ao longo das barras. Isto possibilita a redução da matriz $[AML]$ proposta por Gere and Weaver² para dois elementos por linha em lugar de seis.

O autor citado fornece o formulário para o cálculo do deslocamento transversal de um ponto da barra situado a uma distância x do nó inicial, considerando indeslocável este nó (Fig.9).

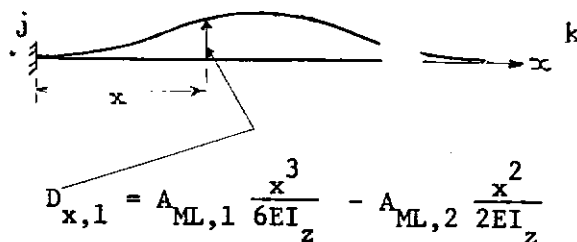
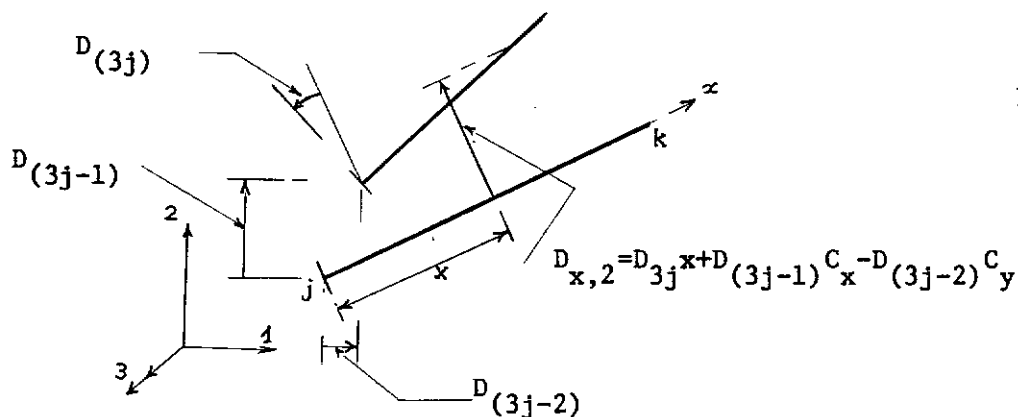


Fig. 9

Além destas parcelas, deve-se considerar o deslocamento do nó inicial (Fig.10), cuja



colaboração para o deslocamento do ponto a uma distância x da extremidade inicial, pode ser obtido por simples considerações de geometria (Fig. 10).

IV - DETALHES DA PROGRAMAÇÃO

Conforme se mostrou no capítulo anterior, a aplicação do método das deformações impostas, exige que a estrutura original seja alterada de maneira a liberar o esforço solicitante ou o esforço reativo do qual se deseja a linha de influência. Estas alterações da estrutura e as considerações dos esforços nas faces do corte, estão a seguir detalhadas.

- a) Linhas de influência de reações de apoio. Neste caso a alteração da estrutura é bastante simples. Basta fazer igual a zero a restrição de nó relativa à reação analisada.

Os números de código para as linhas de influência (V. capítulo II) foram escolhidos convenientemente, de modo que o número da restrição a ser feita nula, vem dado pela expressão

$$I_J = 3N_{GR} - N_{CLI} + 1.$$

Portanto, faz-se $R_{L,IJ} = 0$, diminui-se o número de restrições $N_R = N_R - 1$ e aplica-se a força na direção liberada $A_{IJ} = V_F$, e passa-se ao cálculo dos deslocamentos dos nós e dos esforços de extremidade das barras.

O deslocamento na direção liberada é facilmente identificável, $D_{SS} = D_{IJ}$. O restante da análise consiste em calcular-se os

deslocamentos transversais dos pontos das barras (V.Cap.III), dividindo-os por D_{SS} .

Concluída a análise de uma linha de influência, a estrutura deve ser devolvida à forma original antes de iniciar outra análise.

b) Linhas de influência de esforços solicitantes.

Um teste inicial deve ser feito com os valores de A_L e B_L para verificar se o ponto onde se deseja a linha de influência é nos extremos ou no interior da barra.

Se o ponto for extremidade final da barra basta fazer

$$L_{IB,NGR} = N_{CLI} - 3$$

e passar as considerações de carga. Se o ponto for extremidade inicial é aconselhável programar-se uma mudança de orientação na barra para que não seja necessário calcular-se mais elementos da matriz $[A_{ML}]$ (V.Cap.III) apenas por causa de um tipo particular de linha de influência.

A mudança de orientação pode ser feita com a troca de sinais dos cossenos diretores e intercâmbio dos números dos nós final e inicial da barra.

Se o ponto for intermediário, deve-se transformá-lo no nó de número $N_J + 1$, criando-se ao mesmo tempo a barra $M + 1$.

A alteração do número total de barras será $M = M + 1$ e o de nós $N_J = N_J + 1$.

As figuras 11 e 12 ilustram as modificações

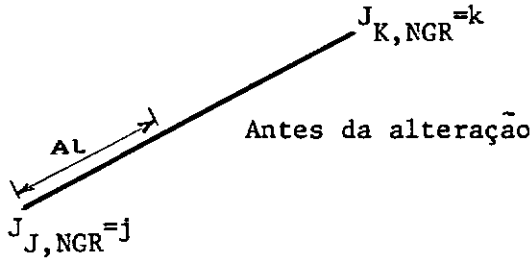


Fig. 11

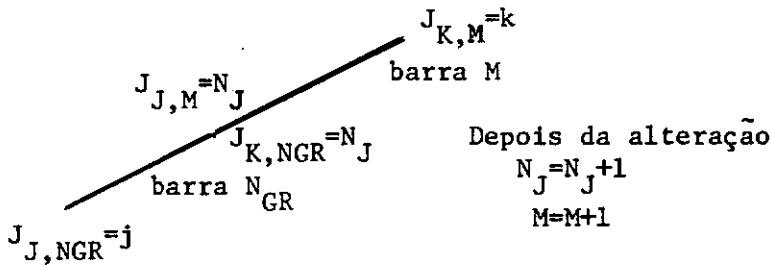


Fig. 12

Depois destas alterações, faz-se $L_{IB,NGR} = N_{CLI} - 3$ e passa-se às considerações de carga.

Tratando-se de linha de influência de momento fletor as cargas a considerar estão ilustradas na figura 13.

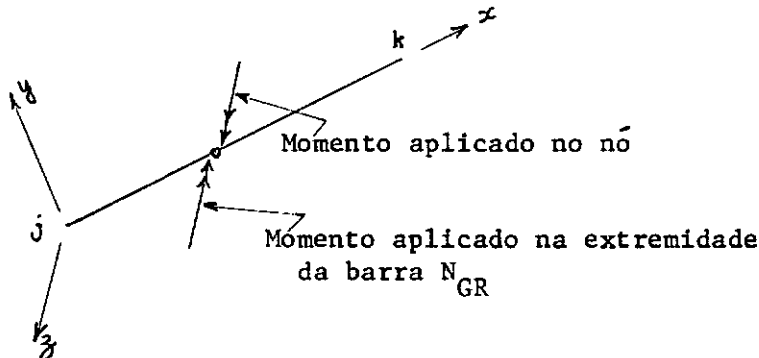


Fig. 13

Nas figuras 14 e 15 ilustra-se o tratamento dado aos casos de esforço cortante e esforço normal, respectivamente.

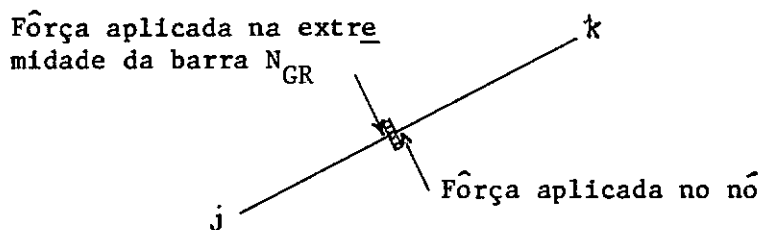


Fig. 14

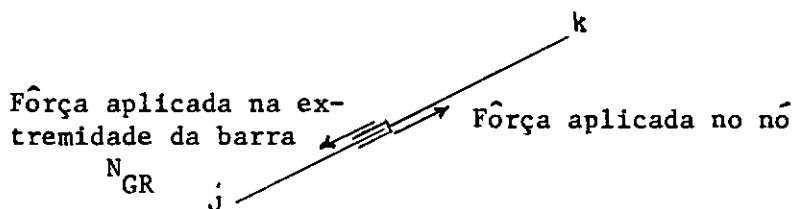


Fig. 15

Após as considerações de carga, resolve-se a estrutura, ob- tendo-se os deslocamentos dos nós e o esforço cortante e momento fletor nas extremidades iniciais de cada barra.

O deslocamento relativo das faces do corte D_{SS} , é obtido tomando-se o deslocamento do nó final da barra N_{GR} na direção liberada e diminuindo-se o deslocamento correspondente da extremidade liberada da barra N_{GR} . Este último deslocamento pode ser obtido, para os três tipos de linhas de influência de esforços solicitantes, em função dos esforços na extremidade inicial, considerada perfeitamente engastada, e dos deslo- camentos do nó inicial da barra N_{GR} . O procedimento é o mesmo já exposto no capítulo anterior e ilustrado pelas figuras 9 e 10.

O restante do procedimento para obtenção da linha de influência é o mesmo utilizado para os casos de reação de apoio.

A estrutura deve ser reconstituída antes de se analisar outra linha de influência.

c) Código de erros:

É de muita importância prover-se o programa de um código de erros, não apenas para indicar ao usuário que houve algum erro na solicitação da linha de influência, como também para evitar que o programa altere indevidamente a estrutura e forneça todos os resultados, de linhas subsequentes, errados.

O sistema de detecção de erros é simples e visa acusar incoerências nas linhas de influência pedidas. Assim, o programa acusa erros nos seguintes casos:

1. - Linha de influência de reação de apoio.
 - 1.1 - O número do nó N_{GR} é maior que o número de nós da estrutura.
 - 1.2 - O deslocamento I_J não é impedido
2. - Linha de influência de esforços solicitantes.
 - 2.1 - O número da barra, N_{GR} , é maior que o número de barras da estrutura.
 - 2.2 - A abcissa do ponto, A_L , situa-se fora da barra.
 - 2.3 - A_L ou B_L é nulo e $L_{IBER, NGR} \neq 0$ (V.cap.VII).

V - CONSIDERAÇÕES DE MEMÓRIA E DE TEMPO DE EXECUÇÃO

É fácil de compreender que as considerações deste capítulo dependem substancialmente do programa base a que o método for aplicado.

Quanto à memória, o método reduz substancialmente o número de variáveis ocupadas num programa para cálculo de pórticos. Elimina a matriz $[A_R]$ e reduz a um terço a matriz $[A_{ML}]$.

No caso específico do programa fornecido no apêndice 2, verifica-se que ele está adaptado para computador IBM-1130 de 8K de memória interna e que tem capacidade para análise de um pórtico com 10 nós e 15 barras no máximo.

Num computador como o da COPPE, com 32K de memória interna, pode-se aumentar as dimensões da matriz de rigidez para analisar pórticos com até 36 nós e 50 barras.

O programa está dividido em três partes unidas por LINK. A primeira delas foi separada por que é executada uma só vez para cada estrutura e as outras duas ocupam, respectivamente, 4976 e 5056 palavras. Como a memória interna utilizável num computador IBM-1130 8K é em torno de 5400 palavras, sobram ainda algumas posições de memória para futuros incrementos do programa.

Quanto aos tempos de computação relativos ao programa fornecido, notam-se algumas diferenças, dependendo dos equipamentos disponí-

veis, de computador para computador.

No computador do DCC da COPPE, com leitora 2501, impressora 1403, verificaram-se os seguintes tempos de compilação e execução para os programas e exemplos dos apêndices 2 e 3:

Compilação do primeiro trecho : 25 segundos

Compilação do segundo trecho : 2 min. e 30 seg..

Compilação do terceiro trecho: 2 min. e 30 seg.

Execução:

No primeiro exemplo, ocupou-se para a primeira linha de influência, 2 min. Cada uma das linhas de influência seguintes, foram calculados em tempos variáveis de 1 minuto e 50 segundos a 1 minuto e 55 segundos.

No segundo exemplo, ocupou-se para a primeira linha de influência, 1 minuto e 50 segundos, e para as linhas de influência seguintes, tempos variáveis de 1 minuto e 40 segundos a 1 minuto e 45 segundos.

VI - CARTÕES DE DADOS E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Os FORMAT usados no programa foram preparados de maneira a que os cartões de dados só contenham números inteiros até à coluna 40 e números reais da coluna 40 em diante.

Já tendo sido esclarecido o significado da notação no capítulo II, o quadro abaixo é suficiente para eliminar dúvidas.

Numero de cartões	Dados dos Cartões na ordem em que devem ser fornecidos	FORMAT
3	Título do trabalho	(55H...)
1	M,NJ,NR,NRJ,NPG,NULT,E	(6I5,10 X,F10.0)
NJ	J,RL(3xJ-2),RL(3xJ-1),RL(3xJ,X(J),Y(J)	(4I5,20 X,2F10.0)
M	I,JJ(I),JK(I),LIB(I),AX(I),IZ(I)	(4I5,20 X,2F10.0)
1*	NCLI,NGR,NPI,NULC,AL,VF	(4I5,20 X,2F10.0)

* Obsv.: Um cartão para cada linha de influência.

Os resultados do programa apresentam para cada barra os valores da linha de influência no número de pontos intermediários e nos pontos extremos.

Tratando-se de linha de influência de esforço solicitante

num ponto intermediário de uma barra , o programa trata os trechos à esquerda e à direita do ponto, como duas barras independentes, fornecendo para esta barra, o dobro de valores das demais barras.

A interpretação dos sinais é bastante simples. Se o valor da linha de influência de um efeito num ponto for positivo, significa que aplicando uma força (direção Y da barra) positiva neste ponto, o efeito terá sinal positivo, considerada sempre, a orientação inicial das barras, informada pelo usuário.

Quanto aos sinais dos efeitos, admitiram-se as seguintes convenções:

As reações de apoio serão positivas, quando tiverem a orientação positiva dos eixos da estrutura.

O momento fletor numa seção de uma barra, será positivo quando tracionar as fibras inferiores da barra neste ponto.

O esforço cortante, será positivo quando a somatória das forças transversais à barra, à esquerda da seção for positiva (eixo Y da barra).

O esforço normal será positivo quando significar para a barra, uma tração.

VII - CONCLUSÕES

Conforme se observa pelo que foi exposto e pelos apêndices que se seguem, o método e o programa proposto, aplicam-se a quase totalidade das linhas de influência. Entretanto, algumas limitações devem ser observadas.

Se a estrutura original possuir alguma barra cuja vinculação não for de engastamento perfeito ($L_{IB}=0$), o programa não calcula as linhas de influência e esforços solicitantes nos extremos desta barra. Isto ocorre porque o programa base adotado, não possui condições de calcular as rigidezes de membro com mais de uma liberação simultânea.

Entretanto, se a linha de influência for solicitada num ponto intermediário, o programa calcula-a pois a barra é dividida em duas ficando a liberação original numa barra e a liberação proveniente do método (V.cap.IV) na outra barra.

Mesmo esta limitação imposta, pode deixar de existir se o programa base for convenientemente adaptado.

Outra limitação "teórica" do método, são as estruturas originalmente isostáticas.

Se numa estrutura isostática aplicarmos os cortes previstos pelo método, a estrutura se transforma em hipostática e a aplicação de cargas, conduz a deslocamentos infinitos. A mesma limitação teórica se

aplica a trechos isostáticos de uma estrutura.

Entretanto, com o programa fornecido, devido ao método de inversão (por partição) da matriz de rigidez, tem-se calculado linhas de influência de estruturas isostáticas apesar das limitações teóricas (V.10^a linha de influência da 1^a estrutura - apêndice 3). Isto é possível porque o computador não admitindo valores nulos, atribue valores muito grandes aos elementos da inversa da matriz de rigidez (que seria singular). Isto conduz a deslocamentos muito grandes (teoricamente seriam infinitos), tanto para D_{SS} como para os pontos onde se deseja os valores da linha de influência. Decorre daí que ao dividir êstes deslocamentos por D_{SS} (teoricamente seria ∞/∞) o computador, eventualmente, fornece valores certos para a linha de influência.

Desta maneira, por paradoxal que pareça, uma deficiência da máquina, permite ocasionalmente, que se retire esta limitação teórica do programa.

De qualquer modo, o cálculo de linhas de influência de estruturas isostáticas não oferece dificuldade nem interesse (as linhas são compostas por trechos retilíneos), sendo usual, dispor as cargas sobre êste tipo de estrutura antes mesmo de se fazer uma determinação formal das linhas de influência para se conhecer as posições mais desfavoráveis das cargas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BELUZZI, Odone - Scienza Delle Costruzioni , volume Secondo, Bologna, Zanichelli Editore, 1966.
2. GERE, J.M. and WEAVER Jr., W - Analysis of Framed Structures, Princeton, New Jersey, Nostrand Company, Inc., 1965.
3. ABCP - Vocabulário de Teoria das Estruturas, São Paulo, ABCP, 1967.
4. WEAVER Jr., William - Computer Programs for Structural Analysis, Princeton, New Jersey, Nostrand Company, Inc., 1967.
5. PACITTI, Tércio - Fortran Monitor , Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico S.A., 1969.
6. McCORMAC, Jack C. - Structural Analysis, Scranton, Pennsylvania, International Text book Company, 1966.
7. BEYER, Kurt - Die Statik im Stahlbetonbau, Berlin, Springer-Verlog, 1956.

A P Ê N D I C E 1DIAGRAMA DE BLOCOS PARA PÓRTICOS PLANOS

CONSIDERAÇÕES GERAIS

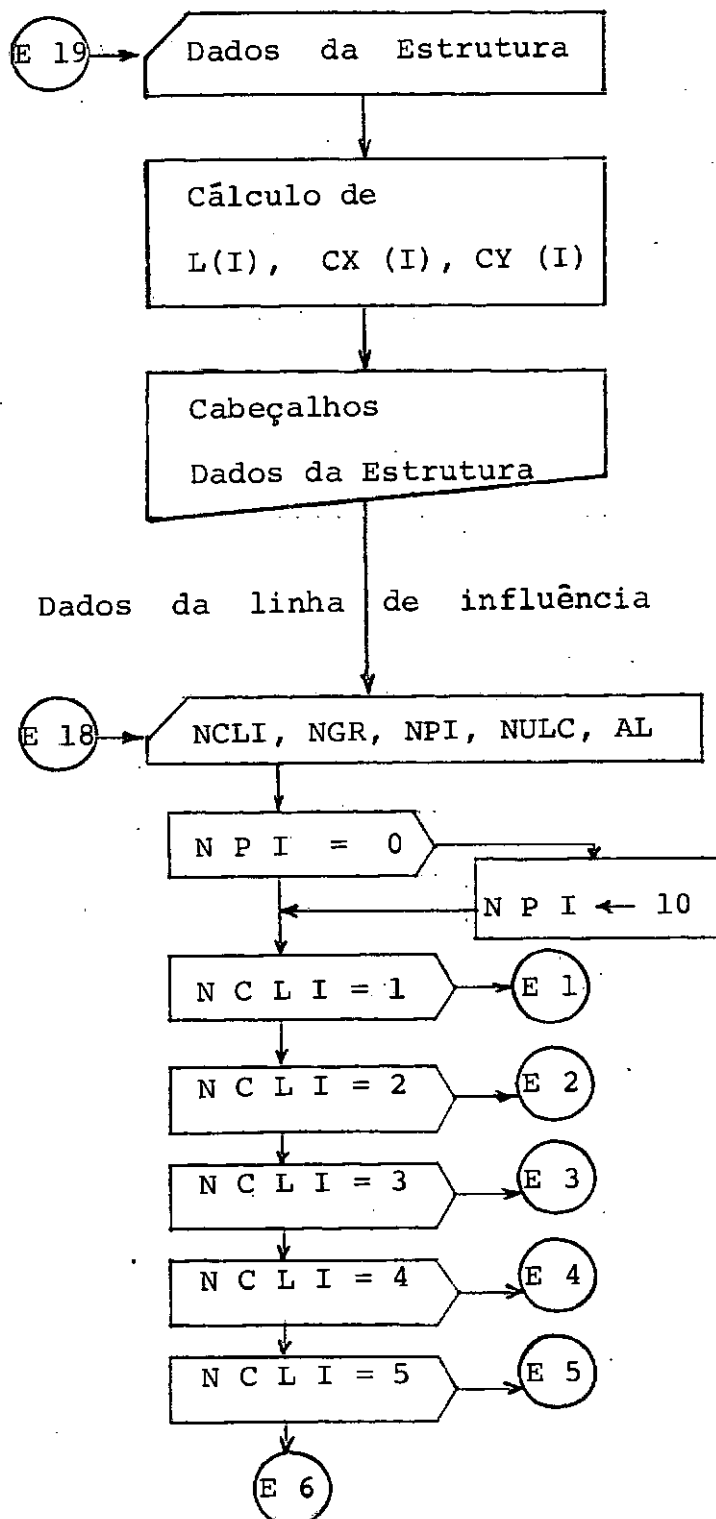
No diagrama de blocos desenvolvido nas páginas seguintes, foi adotada a mesma representação de Gere and Weaver² que difere em alguns pontos da notação de Pacitti⁵.

Os trechos de programação referentes ao programa base, foram simplificados, referidos no diagrama, por não se enquadrarem nos objetivos desta tese.

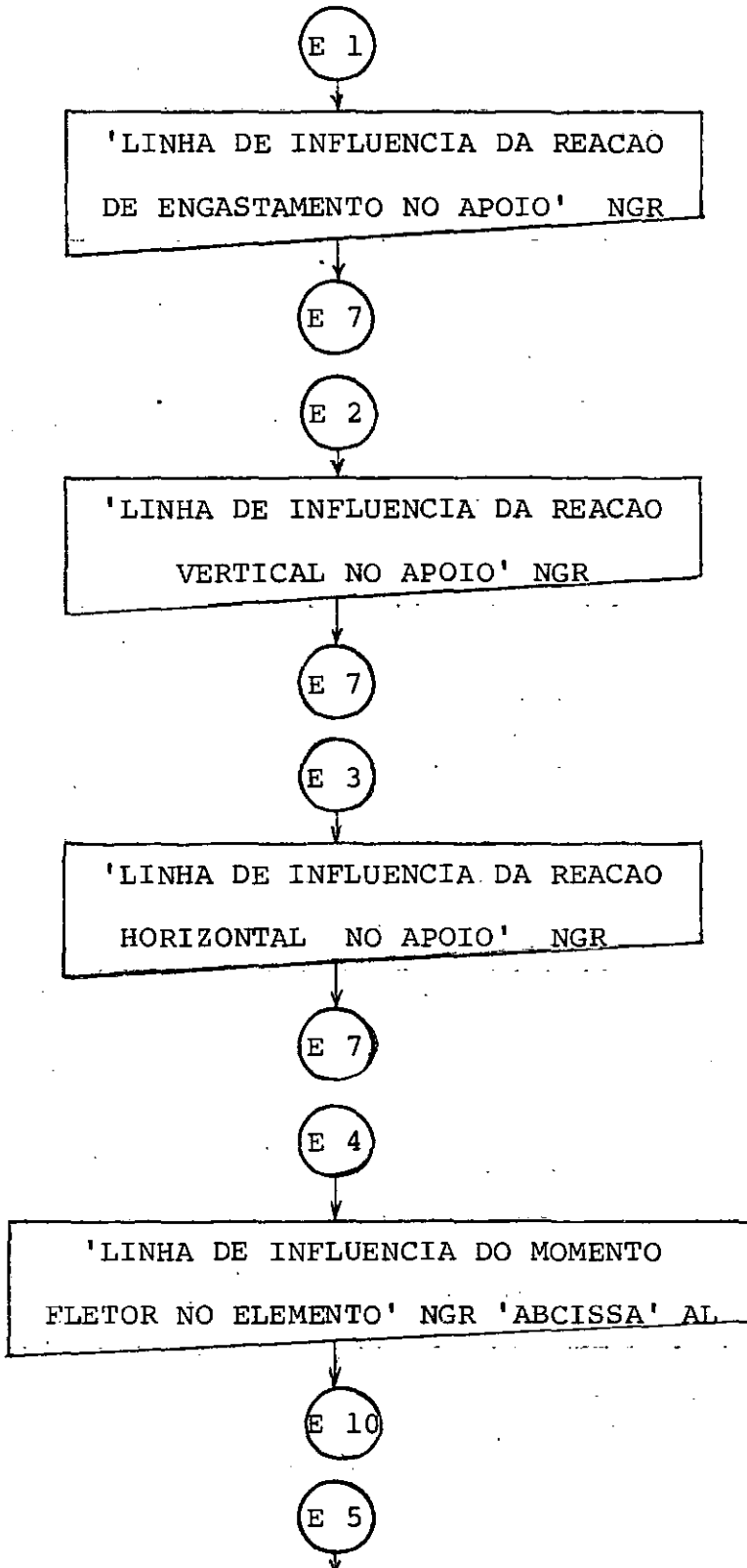
Nas fórmulas decorrentes das considerações de carga, admitiu-se $VF=1$ o que representa uma pequena diferença do que foi assumido no apêndice 2, em que o valor de VF pode ser um dado de entrada.

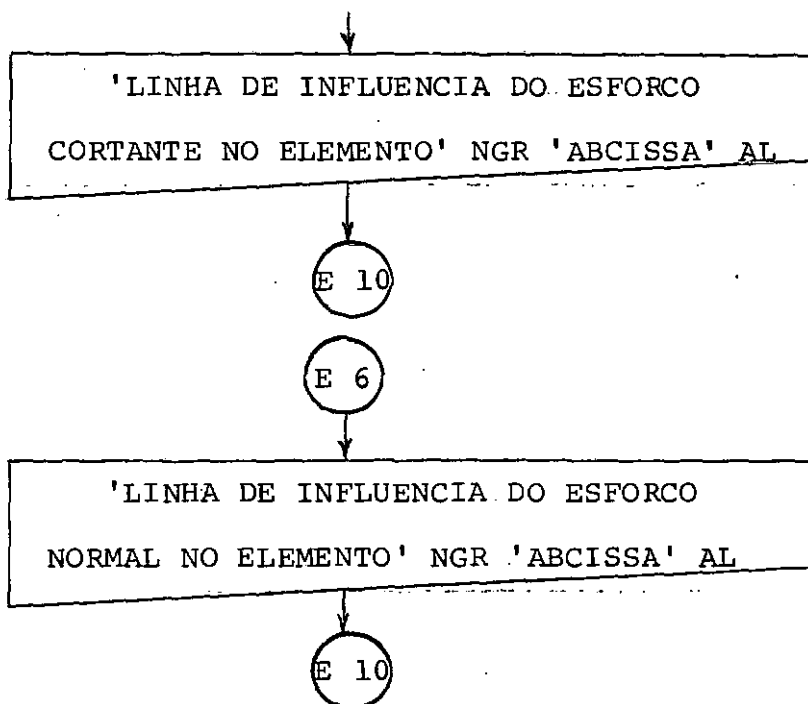
Entretanto, as fórmulas para quaisquer valores de VF , podem ser facilmente obtidas, multiplicando-se as expressões resultantes das considerações de carga por VF .

DIAGRAMA DE BLOCOS

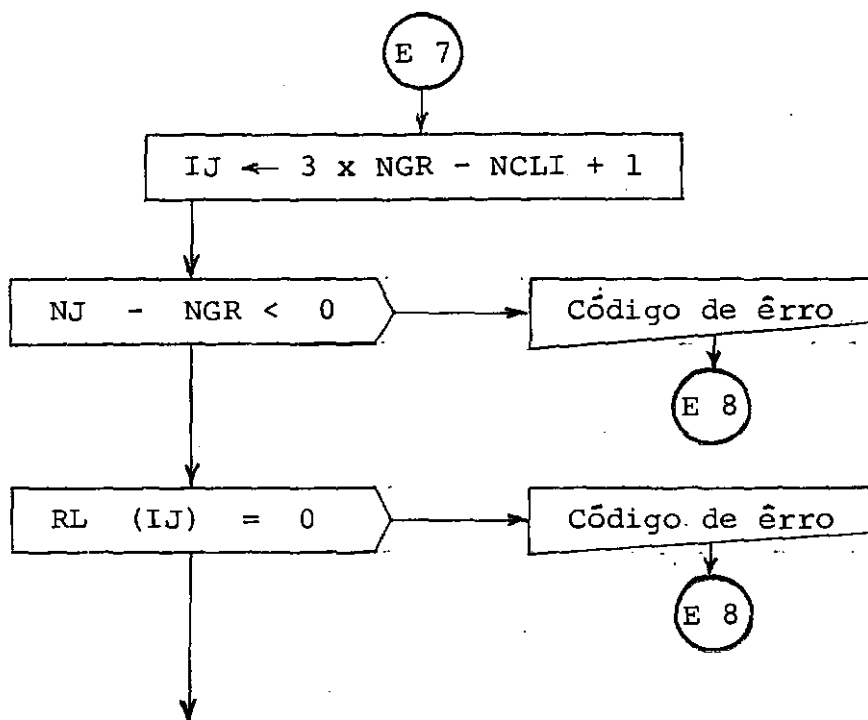


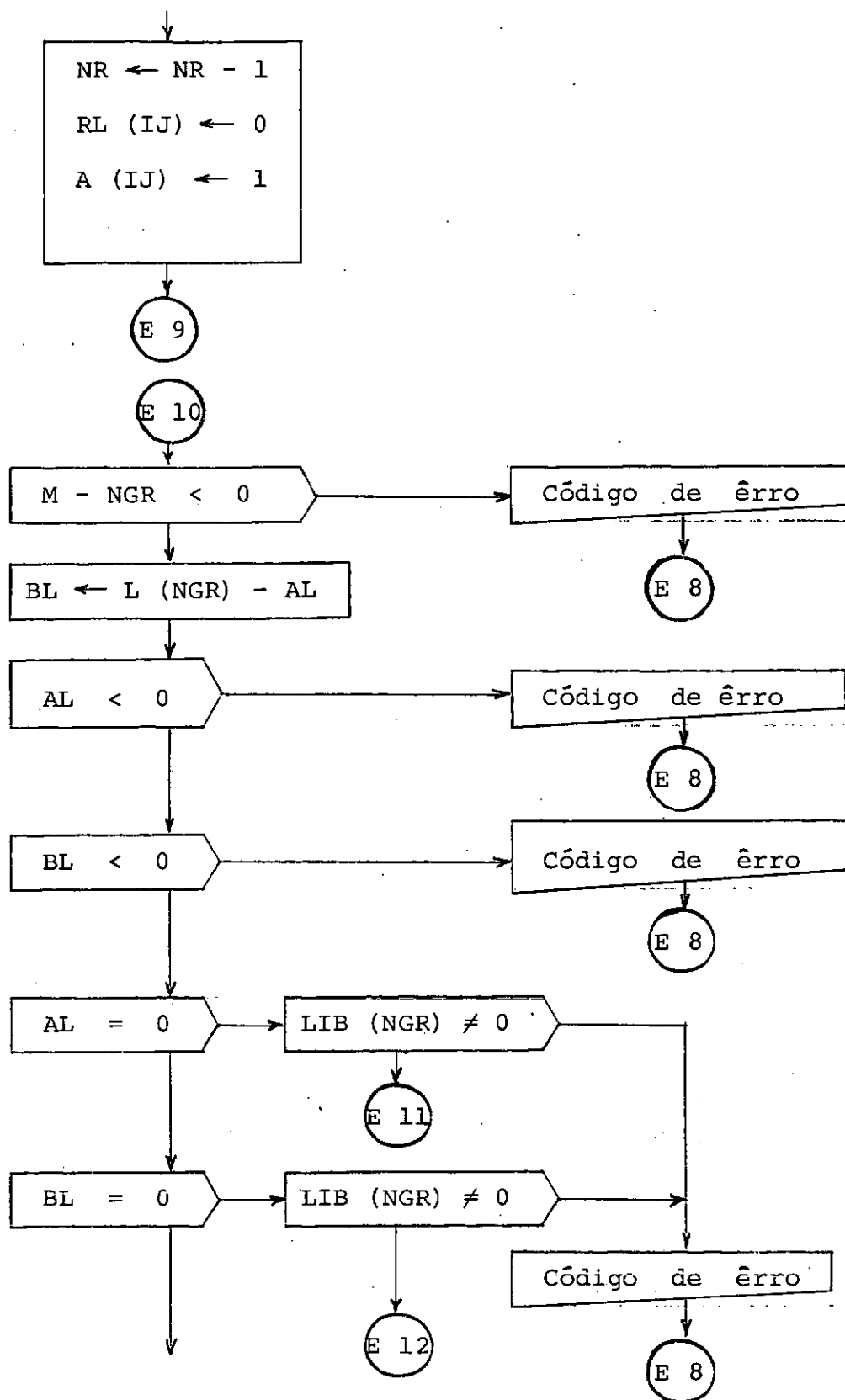
Título da linha de influência





Alterações da estrutura original e considerações de carga





$M \leftarrow M + 1; NJ \leftarrow NJ + 1; IZ(M) \leftarrow IZ(NGR)$
 $AX(M) \leftarrow AX(NGR); L(M) \leftarrow L(NGR) - AL$
 $CX(M) \leftarrow CX(NGR); CY(M) \leftarrow CY(NGR)$
 $L(NGR) \leftarrow AL; JJ(M) \leftarrow NJ; JK(M) \leftarrow JK(NGR)$
 $JK(NGR) \leftarrow NJ; LIB(M) \leftarrow LIB(NGR)$
 $RL(3 \times NJ) \leftarrow RL(3 \times NJ - 1) \leftarrow RL(3 \times NJ - 2) \leftarrow 0$

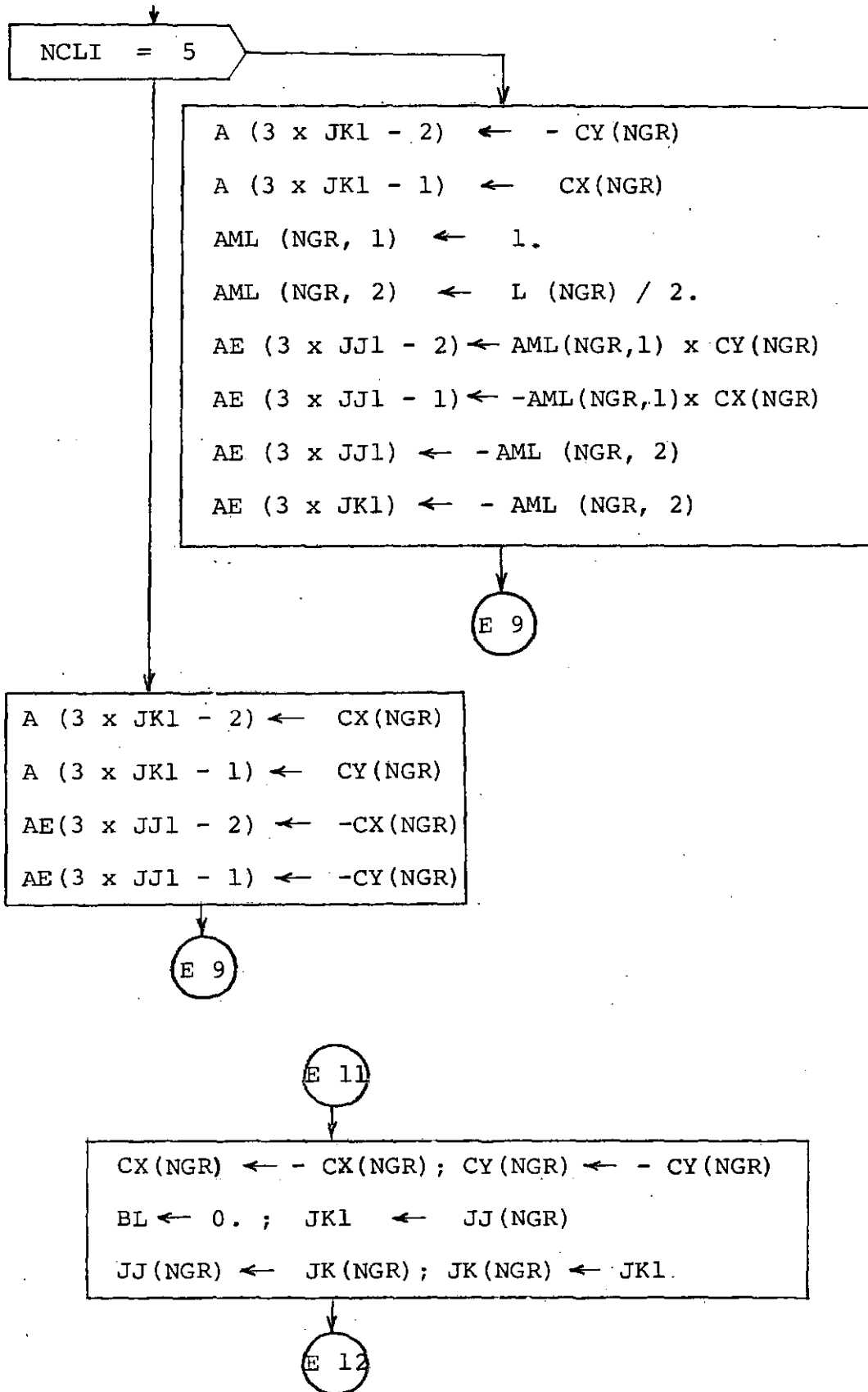
E 12

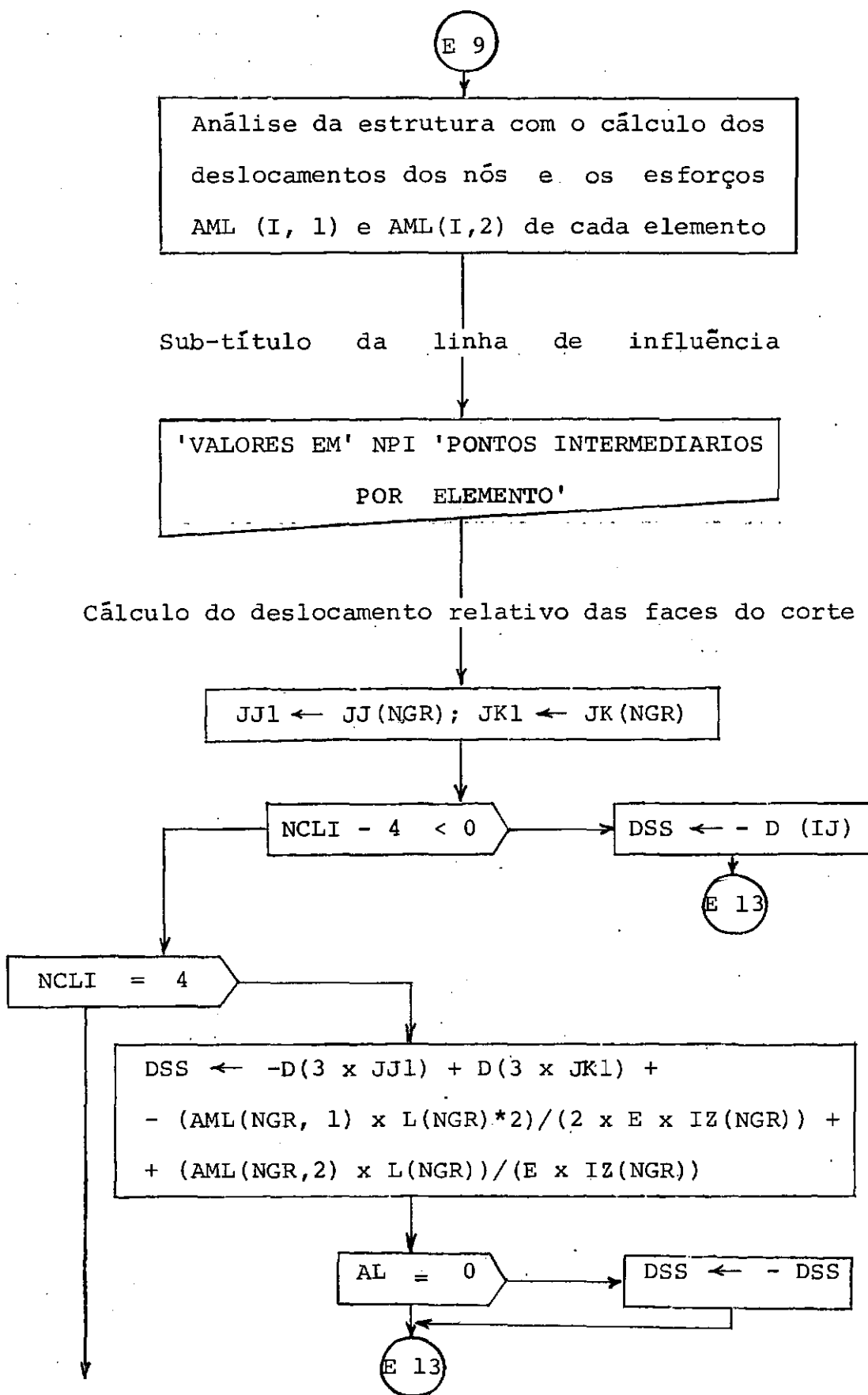
$LIB(NGR) \leftarrow NCLI - 3$
 $JJ1 \leftarrow JJ(NGR); JK1 \leftarrow JK(NGR)$

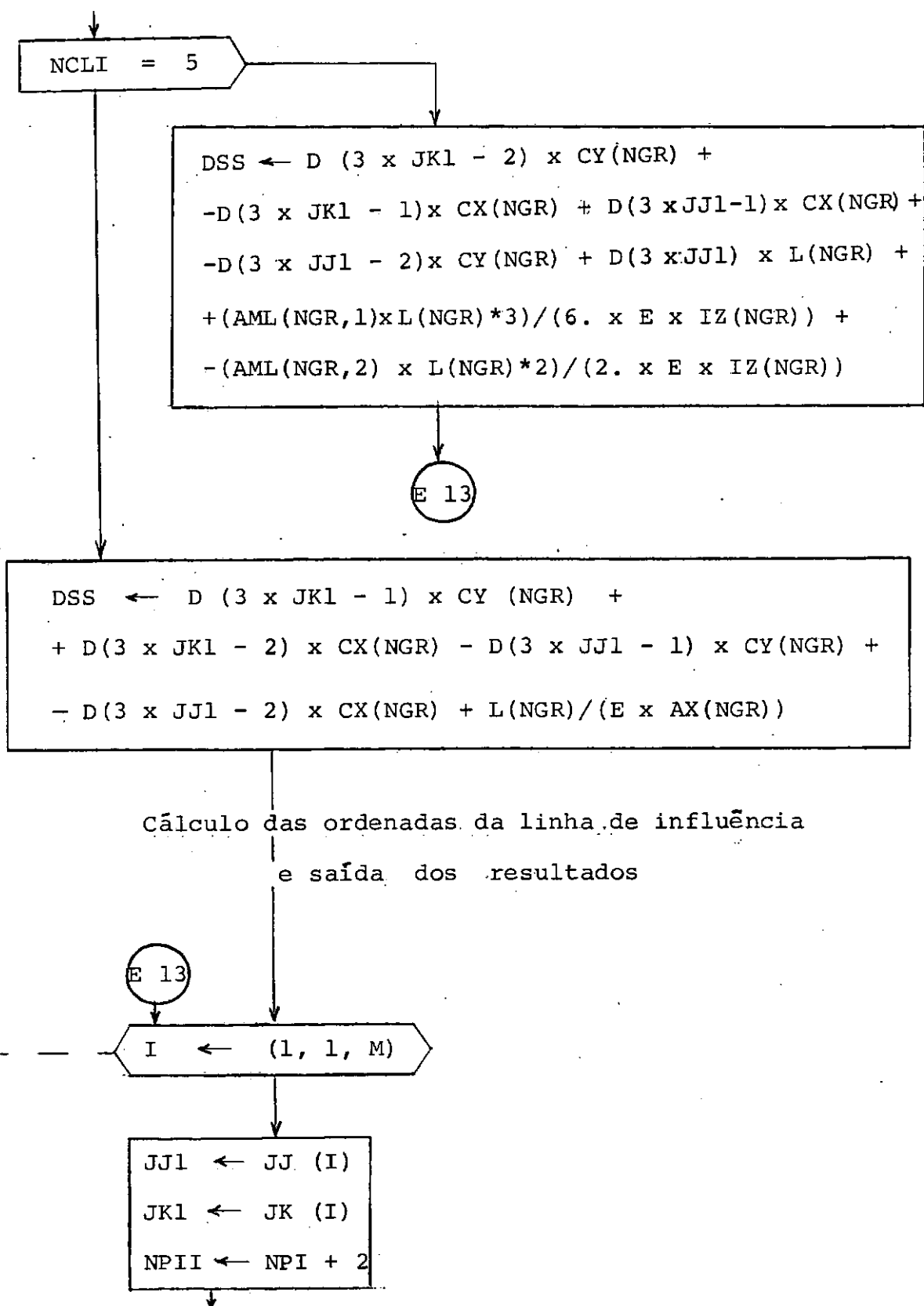
NCLI = 4

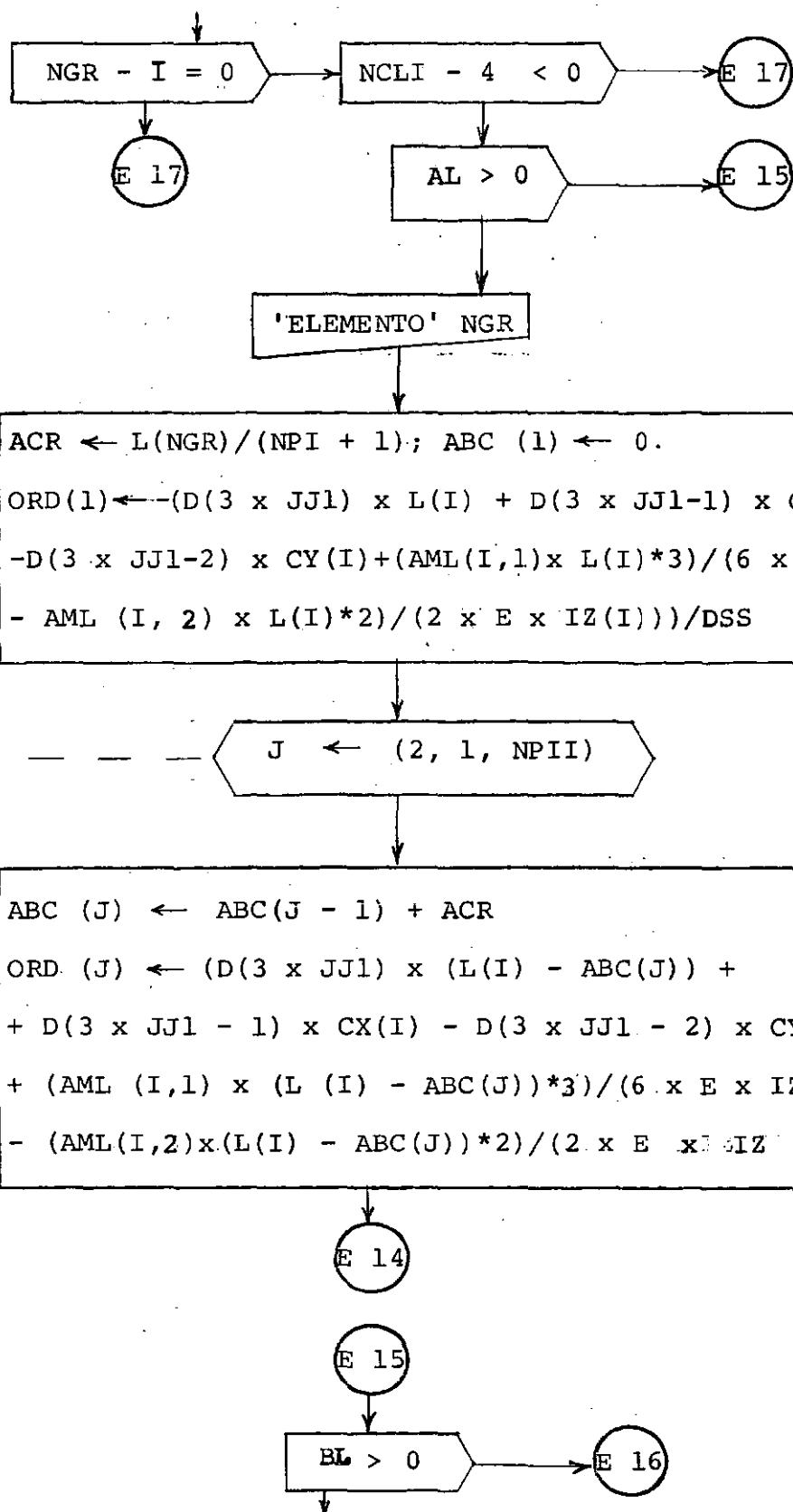
$A(3 \times JK1) \leftarrow 1.; AML(NGR, 2) \leftarrow -1./2.$
 $AML(NGR, 1) \leftarrow -3./(2. \times L(NGR))$
 $AE(3 \times JJ1 - 2) \leftarrow AML(NGR, 1) \times CY(NGR)$
 $AE(3 \times JJ1 - 1) \leftarrow -AML(NGR, 1) \times CX(NGR)$
 $AE(3 \times JJ1) \leftarrow -AML(NGR, 2)$
 $AE(3 \times JK1 - 2) \leftarrow 3./(2. \times L(NGR)) \times CY(NGR)$
 $AE(3 \times JK1 - 1) \leftarrow -3./(2. \times L(NGR)) \times CX(NGR)$

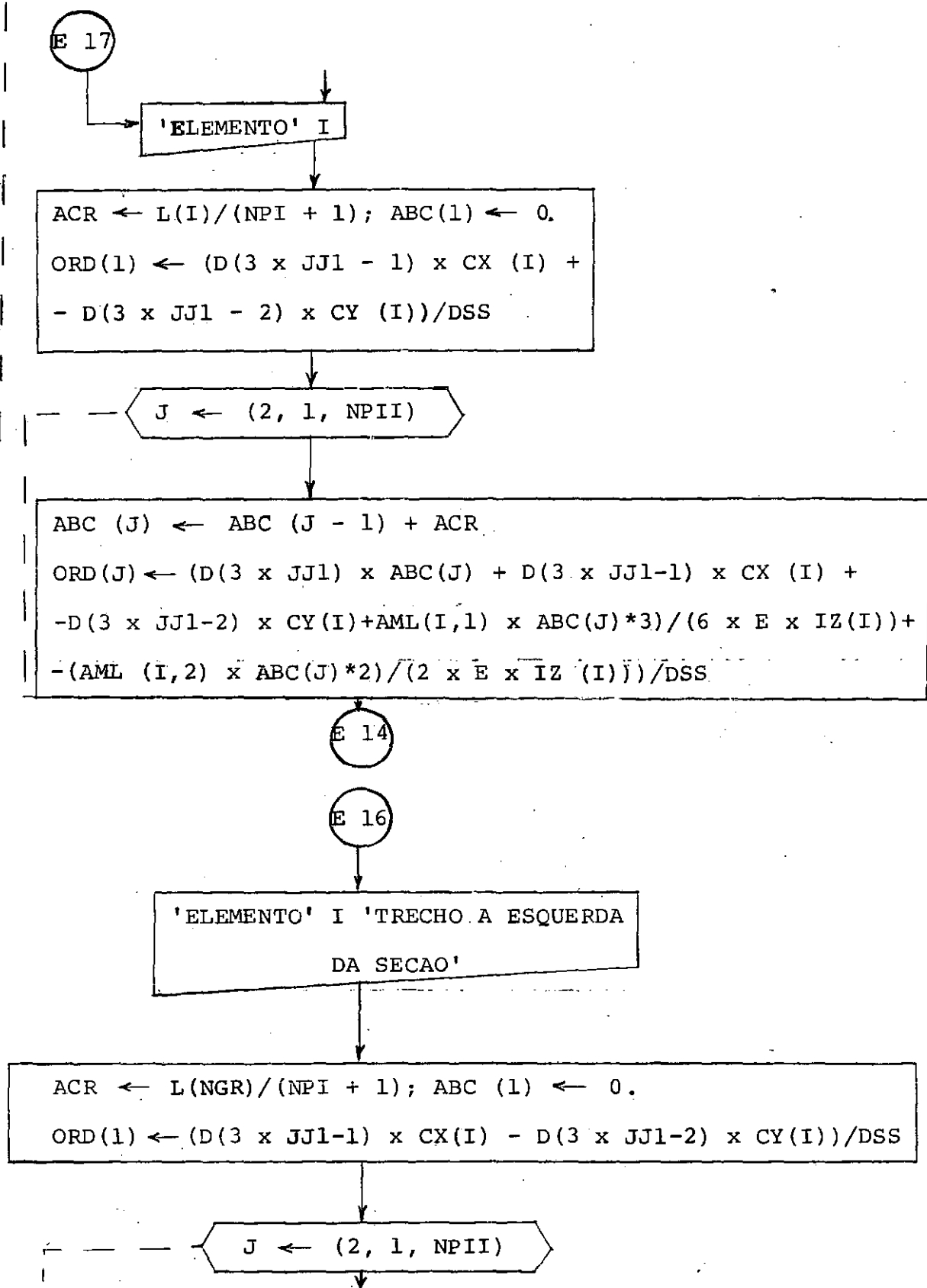
E 9











$ABC(J) \leftarrow ABC(J - 1) + ACR$

$ORD(J) \leftarrow (D(3 \times JJ1) \times ABC(J) + D(3 \times JJ1 - 1) \times CX(I) +$
 $- D(3 \times JJ1 - 2) \times CY(I) +$
 $+ (AML(I, 1) \times ABC(J)^3) / (6 \times E \times IZ(I)) +$
 $- (AML(I, 2) \times ABC(J)^2) / (2 \times E \times IZ(I))) / DSS$

'ABCISSA' ABC(1), ABC(2), ABC(NPII)

'ORDENADA' ORD(1), ORD(2), ORD(NPII)

'ELEMENTO' I 'TRECHO A DIREITA DA SECAO'

$JJ1 \leftarrow JJ(M); JK1 \leftarrow JK(M)$

$ACR \leftarrow L(M) / (NPI + 1); ABC(1) \leftarrow 0.$

$ORD(1) \leftarrow (D(3 \times JJ1 - 1) \times CX(M) +$
 $- D(3 \times JJ1 - 2) \times CY(M)) / DSS$

$J \leftarrow (2, 1, NPII)$

$ABC(J) \leftarrow ABC(J-1) + ACR$

$ORD(J) \leftarrow (D(3 \times JJ1) \times ABC(J) + D(3 \times JJ1-1) \times CX(M) +$
 $- D(3 \times JJ1 - 2) \times CY(M) +$
 $+ (AML(M, 1) \times ABC(J)^3 / (6 \times E \times IZ(M)) +$
 $- (AML(M, 2) \times ABC(J)^2 / (2 \times E \times IZ(M))) / DSS$

$M \leftarrow M - 1$

E 14

'ABCISSA' ABC (1), ABC (2), ABC (NP11)

'ORDENADA' ORD (1), ORD (2), ORD (NP11)

Reconstituição da estrutura original

$NCLI - 4 < 0$

$RL(IJ) \leftarrow 1$

$NR \leftarrow NR + 1$

E 8

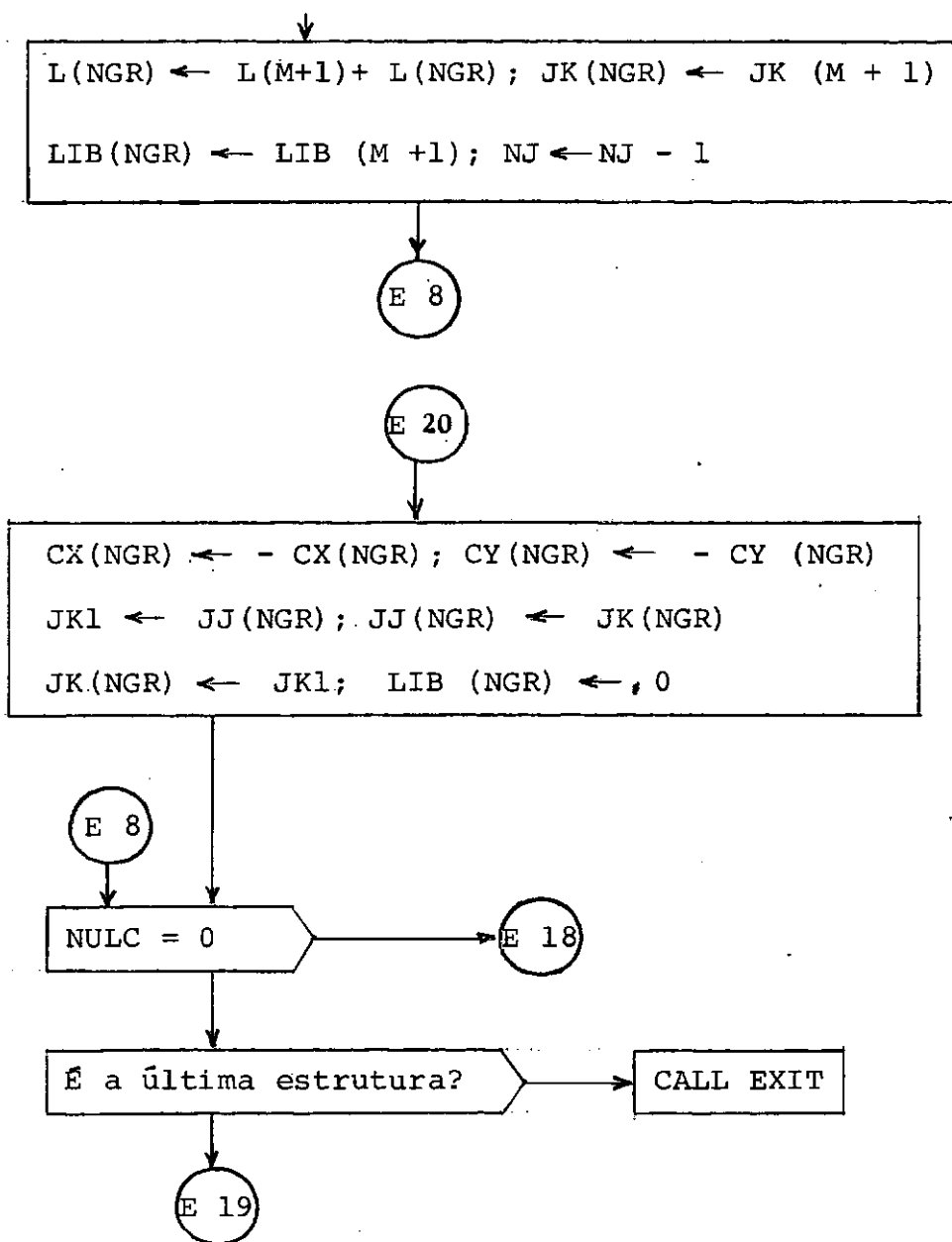
$AL = 0$

E 20

$BL = 0$

$LIB(NGR) \leftarrow 0$

E 8



A P Ê N D I C E 2LISTAGEM DO PROGRAMA PARA PÓRTICOS PLANOS

PAGE 1 A 63

// JOB T 00FF 10FF

A 63

24051

```

LOG DRIVE      CART SPEC      CART AVAIL      PHY DRIVE
0000           00FF           00FF           0000
0001           10FF           10FF           0001

V2 M05      ACTUAL 32K      CONFIG 32K

// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*IOCS(2501READER,1403PRINTER)
*LIST SOURCE PROGRAM
C  PROGRAMA PARA O CALCULO DE LINHAS DE INFLUENCIA EM PORTICOS PLANOS
C      TESI DE MESTRADO      ALUNO PAULO JORGE SARKIS
REAL L(15),IZ(15)
INTEGER RL(30),CRL(30)
DIMENSION AX(15),CX(15),CY(15),JJ(15),JK(15),LIB(15),A(30),AML(15,
12),AE(30),S(30,27)
DIMENSION X(10),Y(10)
COMMON L,IZ,RL,CRL,AX,CX,CY,JJ,JK,LIB,A,AML,AE,S,MB,NB,M,NJ,NR,NRJ
COMMON NPG,NULT,E,N,NCL,NGR,NPI,NULC,AL,NL,MN,IJ,BL,VF
C  PARAMETROS DA ESTRUTURA
MB=8
NB=5
WRITE(NB,100)
100 FORMAT('1',10X,'LINHAS DE INFLUENCIA EM PORTICOS PLANOS'/'/' AUTUR'
1,10X,'PAULO JORGE SARKIS'/'/')
READ(MB,250)
250 FORMAT(55H
WRITE(NB,250)
READ(MB,251)
251 FORMAT(55H
WRITE(NB,251)
READ(MB,252)
252 FORMAT(55H
WRITE(NB,252)
READ(MB,101)M,NJ,NR,NRJ,NPG,NULT,E
101 FORMAT(6I5,10X,F10.0)
N=3*NJ-NR
WRITE(NB,102)NPG
102 FORMAT('///20('*,)'PORTICO NUMERO',I3,20('*,'))
WRITE(NB,103)M,N,NJ,NR,NRJ,E
103 FORMAT(/15X,'DADOS DA ESTRUTURA'/10X'M'10X'N'9X'NJ'8X'NR'9X'NRJ'9X
1'E'/5I11,F11.0)
READ(MB,104)(J,RL(3*J-2),RL(3*J-1),RL(3*J),X(J),Y(J),I=1,NJ)
104 FORMAT(4I5,20X,2F10.0)
WRITE(NB,105)(J,X(J),Y(J),RL(3*J-2),RL(3*J-1),RL(3*J),J=1,NJ)
105 FORMAT('///26X,'COORDENADAS E RESTRICOES DOS NOS'/3X,'NO'8X'X'8X'Y'2
1X'RESTRICAO X RESTRICAO Y RESTRICAO Z'/(I5,2F9.2,5X,I5,2I14))
READ(MB,106)(I,JJ(I),JK(I),LIB(I),AX(I),IZ(I),J=1,M)
106 FORMAT(4I5,20X,2F10.0)
WRITE(NB,560)
560 FORMAT('///25X,'DESIGNACOES E PROPRIEDADES DOS MEMBROS'/2X,'MEMBRU',
12X,'JJ',2X,'JK',8X,'AX',8X,'IZ'7X,'L',6X,'CX',6X,'CY VINCULO')
DO 1 I=1,M
JK1=JK(I)
JJ1=JJ(I)
XCL=X(JK1)-X(JJ1)
YCL=Y(JK1)-Y(JJ1)

```

PAGE 2 A 63

```

      L(I)=SQRT(XCL**2+YCL**2)
      CX(I)=XCL/L(I)
      CY(I)=YCL/L(I)
1     WRITE(NB,107)(I,JJ(I),JK(I),AX(I),IZ(I),L(I),CX(I),CY(I),LIB(I),I=
11,M)
107  FORMAT(4X,I2,4X,I2,2X,I2,F10.5,F10.5,F8.2,F8.3,F8.3,I6)
      CALL LINK(SARK4)
      END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 2082 VARIABLES 56 PROGRAM 734

END OF COMPILATION

// DUP

*STORE WS UA SARK1
CART ID 00FF DB ADDR 3F4B DB CNT 0031

// FOR

*ONE WORD INTEGERS

*IOCS(2501RLADER,1403PRINTER)

*LIST SOURCE PROGRAM

REAL L(15),IZ(15)

INTEGER RL(30),CRL(30)

DIMENSION AX(15),CX(15),CY(15),JJ(15),JK(15),LIB(15),A(30),AML(15,12),AE(30),S(30,27)

DIMENSION SMD(6,6),CM(7)

COMMON L,IZ,RL,CRL,AX,CX,CY,JJ,JK,LIB,A,AML,AE,S,MB,NB,M,NJ,NR,NRJ

COMMON NPG,NULT,E,N,NCLI,NGR,NPI,NULC,AL,NL,MN,IJ,BL,VF

C DADOS PARA IDENTIFICACAO DA LINHA DE INFLUENCIA

68 READ(MB,119)NCLI,NGR,NPI,NULC,AL,VF

119 FORMAT(4I5,20X,2F10.0)

NL=3*NJ+3

DO 40 I=1,NL

40 A(I)=0.

MN=M+1

DO 44 LL=1,MN

AML(LL,1)=0.

44 AML(LL,2)=0.

DO 48 I=1,NL

48 AE(I)=0.

IF(NPI)121,121,120

121 NPI=10

120 IF(VF)123,123,122

123 VF=1.

C TITULOS E CODIGO DE ERROS

122 GO TO(160,161,168,164,165,125),NCLI

160 WRITE(NB,127)NGR

127 FORMAT(///10X,'LINHA DE INFLUENCIA DA REACAO DE ENGASTAMENTO NO AP
1010',I4)

GO TO 162

161 WRITE(NB,163)NGR

163 FORMAT(///10X,'LINHA DE INFLUENCIA DA REACAO VERTICAL NO APOIO',
114)

PAGE 3 A 63

```

GO TO 162
168 WRITE(NB,169)NGR
169 FORMAT(///10X,'LINHA DE INFLUENCIA DA REACAO HORIZONTAL NO APOIO',
114)
162 1J=3*NGR-NCL1+1
    RL=RL(1J)
    IF(NJ-NGR)200,204,204
204 IF(RL)200,200,201
200 WRITE(NB,202)
202 FORMAT(// 'ERRO - NAO EXISTE A REACAO REFERENCIADA')
GO TO 203
201 NR=NR-1
    RL(1J)=0
    A(1J)=VF
    BL=0
GO TO 128
164 WRITE(NB,129)NGR,AL
129 FORMAT(///5X,'LINHA DE INFLUENCIA DO MOMENTO FLETOR NO ELEMENTO',
113,' ABCISSA',F6.2)
GO TO 166
165 WRITE(NB,167)NGR,AL
167 FORMAT(///5X,'LINHA DE INFLUENCIA DO ESFORCO CORTANTE NO ELEMENTO
1',13,' ABCISSA',F6.2)
GO TO 166
125 WRITE(NB,170)NGR,AL
170 FORMAT(///5X,'LINHA DE INFLUENCIA DO ESFORCO NORMAL NO ELEMENTO',
113,' ABCISSA',F6.2)
166 IF(M-NGR)205,206,206
205 WRITE(NB,207)
207 FORMAT(// 'ERRO - NAO EXISTE O ELEMENTO REFERENCIADO')
GO TO 203
206 BL=L(NGR)-AL-0.001
    IF(AL)208,214,172
208 WRITE(NB,209)
209 FORMAT(// 'ERRO - A ABCISSA DADA SITUA-SE FORA DO ELEMENTO')
GO TO 203
172 IF(BL)210,213,131
210 IF(BL+0.002)208,213,213
213 LIBER=LIB(NGR)
    IF(LIBER)211,130,211
211 WRITE(NB,212)
212 FORMAT(// 'ERRO - O VINCULO NAO PERMITE O CALCULO NA ABCISSA REFER
ENCIADA')
GO TO 203
214 LIBER=LIB(NGR)
    IF(LIBER)211,171,211
C ALTERACOES DA ESTRUTURA E CONSIDERACOES DE CARGA
131 M=M+1
    NJ=NJ+1
    IZ(M)=IZ(NGR)
    AX(M)=AX(NGR)
    L(M)=L(NGR)-AL
    L(NGR)=AL
    CX(M)=CX(NGR)
    CY(M)=CY(NGR)
    RL(3*NJ)=0
    RL(3*NJ-1)=0
    RL(3*NJ-2)=0
    JJ(M)=NJ

```


PAGE 4 A 63

```

      JK(M)=JK(NGR)
      JK(NGR)=NJ
      LIB(M)=LIB(NGR)
130  LIB(NGR)=NCL1-3
      JJ1=JJ(NGR)
      JK1=JK(NGR)
      IF(NCL1-5)134,133,173
134  A(3*JK1)=VF
      AML(NGR,1)=-((3.*VF)/(2.*L(NGR)))
      AML(NGR,2)=-VF/2.
      AE(3*JJ1-2)=AML(NGR,1)*CY(NGR)
      AE(3*JJ1-1)=-AML(NGR,1)*CX(NGR)
      AE(3*JJ1)=AML(NGR,2)
      AE(3*JK1-2)=(3.*VF)/(2.*L(NGR))*CY(NGR)
      AE(3*JK1-1)=-((3.*VF)/(2.*L(NGR)))*CX(NGR)
      GO TO 128
133  A(3*JK1-2)=-VF*CY(NGR)
      A(3*JK1-1)=VF*CX(NGR)
      AML(NGR,1)=VF
      AML(NGR,2)=(VF*L(NGR))/2.
      AE(3*JJ1-2)=AML(NGR,1)*CY(NGR)
      AE(3*JJ1-1)=-AML(NGR,1)*CX(NGR)
      AE(3*JJ1)=-AML(NGR,2)
      AE(3*JK1)=-AML(NGR,2)
      GO TO 128
173  A(3*JK1-2)=VF*CX(NGR)
      A(3*JK1-1)=VF*CY(NGR)
      AE(3*JJ1-2)=-VF*CX(NGR)
      AE(3*JJ1-1)=-VF*CY(NGR)
      GO TO 128
171  CX(NGR)=-CX(NGR)
      CY(NGR)=-CY(NGR)
      BL=0.
      JK1=JJ(NGR)
      JJ(NGR)=JK(NGR)
      JK(NGR)=JK1
      GO TO 130

```

C ANALISE DA ESTRUTURA COM O CALCULO DOS DESLOCAMENTOS DOS NOS E ESFOR-
 C COS DE EXTREMIDADE DAS BARRAS

```

128  N=3*NJ-NR
      NL=3*NJ
      CRL(1)=RL(1)
      DO 4 K=2,NL
4    CRL(K)=CRL(K-1)+RL(K)
      DO 5 II=1,NL
      DO 5 KK=1,N
5    S(II,KK)=0.0
      DO 6 I=1,M
      LIBER=LIB(I)
      DO 300 MM=1,7
300  CM(MM)=1.
      IF(LIBER)301,302,301
301  GO TO(303,305,306),LIBER
303  CM(4)=0.
      CM(6)=0.
      CM(7)=0.
      CM(3)=1./2.
      CM(2)=1./4.
      CM(5)=3./4.

```

PAGE 5 A 63

```

GO TO 302
305 CM(2)=0.
CM(3)=0.
CM(4)=0.
CM(5)=1./4.
CM(7)=1./4.
CM(6)=-1./2.
GO TO 302
306 CM(1)=0.
302 J1=3*JJ(I)-2
J2=3*JJ(I)-1
J3=3*JJ(I)
K1=3*JK(I)-2
K2=3*JK(I)-1
K3=3*JK(I)
SCM1=E*AX(I)/L(I)*CM(1)
SCM2=A.*E*I(I)/L(I)
SCM3=1.*I(I)*M2/L(I)
SCM4=2.*SCM1/L(I)*CM(2)
IF(RL(J1))7,8,7
7 J1=N+CRL(J1)
GO TO 9
8 J1=J1-CRL(J1)
9 IF(RL(J2))10,11,10
10 J2=N+CRL(J2)
GO TO 12
11 J2=J2-CRL(J2)
12 IF(RL(J3))14,15,14
14 J3=N+CRL(J3)
GO TO 16
15 J3=J3-CRL(J3)
16 IF(RL(K1))17,18,17
17 K1=N+CRL(K1)
GO TO 19
18 K1=K1-CRL(K1)
19 IF(RL(K2))20,21,20
20 K2=N+CRL(K2)
GO TO 22
21 K2=K2-CRL(K2)
22 IF(RL(K3))23,24,23
23 K3=N+CRL(K3)
GO TO 25
24 K3=K3-CRL(K3)
25 SMD(1,1)=SCM1*CX(I)**2+SCM4*CY(I)**2
SMD(4,4)=SMD(1,1)
SMD(4,1)=-SMD(1,1)
SMD(2,1)=(SCM1-SCM4)*CX(I)*CY(I)
SMD(5,4)=SMD(2,1)
SMD(5,1)=-SMD(2,1)
SMD(4,2)=-SMD(2,1)
SMD(3,1)=-SCM3*CY(I)*CM(3)
SMD(6,1)=-SCM3*CM(4)*CY(I)
SMD(4,3)=-SMD(3,1)
SMD(6,4)=-SMD(6,1)
SMD(2,2)=SCM1*CY(I)**2+SCM4*CX(I)**2.
SMD(5,5)=SMD(2,2)
SMD(5,2)=-SMD(2,2)
SMD(3,2)=SCM3*CX(I)*CM(3)
SMD(6,2)=SCM3*CM(4)*CX(I)

```

PAGE 6 A 63

```

SMD(5,3)=-SMD(3,2)
SMD(6,5)=-SMD(6,2)
SMD(3,3)=SCM2*CM(5)
SMD(6,6)=SCM2*CM(7)
SMD(6,3)=SCM2/2.*CM(6)
DO 26 L1=1,5
L2=L1+1
DO 26 J=L2,6
26 SMD(L1,J)+SMD(J,L1)
JJ1=J(J1)
IF(RL(3*JJ1-2))28,29,28
29 S(J1,J1)=S(J1,J1)+SMD(1,1)
S(J2,J1)=S(J2,J1)+SMD(2,1)
S(J3,J1)=S(J3,J1)+SMD(3,1)
S(K1,J1)=SMD(4,1)
S(K2,J1)=SMD(5,1)
S(K3,J1)=SMD(6,1)
28 IF(RL(3*JJ1-1))30,31,30
31 S(J1,J2)=S(J1,J2)+SMD(1,2)
S(J2,J2)=S(J2,J2)+SMD(2,2)
S(J3,J2)=S(J3,J2)+SMD(3,2)
S(K1,J2)=SMD(4,2)
S(K2,J2)=SMD(5,2)
S(K3,J2)=SMD(6,2)
30 IF(RL(3*JJ1))32,33,32
33 S(J1,J3)=S(J1,J3)+SMD(1,3)
S(J2,J3)=S(J2,J3)+SMD(2,3)
S(J3,J3)=S(J3,J3)+SMD(3,3)
S(K1,J3)=SMD(4,3)
S(K2,J3)=SMD(5,3)
S(K3,J3)=SMD(6,3)
32 JK1=JK(1)
IF(RL(3*JK1-2))34,35,34
35 S(J1,K1)=SMD(1,4)
S(J2,K1)=SMD(2,4)
S(J3,K1)=SMD(3,4)
S(K1,K1)=S(K1,K1)+SMD(4,4)
S(K2,K1)=S(K2,K1)+SMD(5,4)
S(K3,K1)=S(K3,K1)+SMD(6,4)
34 IF(RL(3*JK1-1))36,37,36
37 S(J1,K2)=SMD(1,5)
S(J2,K2)=SMD(2,5)
S(J3,K2)=SMD(3,5)
S(K1,K2)=S(K1,K2)+SMD(4,5)
S(K2,K2)=S(K2,K2)+SMD(5,5)
S(K3,K2)=S(K3,K2)+SMD(6,5)
36 IF(RL(3*JK1))38,38,36
38 S(J1,K3)=SMD(1,6)
S(J2,K3)=SMD(2,6)
S(J3,K3)=SMD(3,6)
S(K1,K3)=S(K1,K3)+SMD(4,6)
S(K2,K3)=S(K2,K3)+SMD(5,6)
S(K3,K3)=S(K3,K3)+SMD(6,6)
6 CONTINUE
CALL LINK(SARK2)
203 IF(NULC)67,68,67
67 IF(NULT)69,70,69
69 CALL EXIT
70 CALL LINK(SARK1)

```

PAGE 7 A 63

END

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 2082 VARIABLES 132 PROGRAM 2762

END OF COMPILATION

// DUP

*STORE WS UA SARK4
CART ID 00FF DB ADDR 3F7C DB CNT 00BB

// FOR

*ONE WORD INTEGERS

*IOCS(2501READER,1403PRINTER)

*LIST SOURCE PROGRAM

```

REAL L(15),J2(15)
INTEGER RL(30),CRL(30)
DIMENSION AX(15),CX(15),CY(15),JJ(15),JK(15),LIB(15),A(30),AML(15,
12),AE(30),S(30,27)
DIMENSION G(30),H(30),D(30),AC(30),ORD(12),CM(7),ABC(12)
COMMON L,IZ,RL,CRL,AX,CX,CY,JJ,JK,LIB,A,AML,AE,S,MB,NB,M,NJ,NR,NRJ
COMMON NPG,NULT,E,N,NCLI,NGR,NPI,NULC,AL,NL,MN,IJ,BL,VF
EQUIVALENCE (G(1),D(1)),(H(1),AC(1))
NN=N-1
S(1,1)=1./S(1,1)
DO 110 J1=1,NN
K=J1+1
DO 60 I=1,J1
G(I)=0.
DO 60 J=1,J1
60 G(I)=G(I)+S(I,J)*S(J,K)
Z=0.
DO 70 I=1,J1
Z=Z+S(K,I)*G(I)
R=S(K,K)-Z
S(K,K)=1./R
DO 80 I=1,J1
80 S(I,K)=-G(I)*S(K,K)
DO 90 J=1,J1
H(J)=0.
DO 90 I=1,J1
90 H(J)=H(J)+S(K,I)*S(I,J)
DO 100 J=1,J1
100 S(K,J)=-H(J)*S(K,K)
DO 110 I=1,J1
DO 110 J=1,J1
110 S(I,J)=S(I,J)-G(I)*S(K,J)
DO 52 J=1,NL
IF(RL(J))53,54,53
54 K=J-CRL(J)
GO TO 52
53 K=N+CRL(J)
52 AC(K)=A(J)+AE(J)
DO 55 I=1,NL

```

PAGE 8 A 63

```

55 D(1)=0.
DO 56 J=1,N
DO 56 K=1,N
56 D(J)=D(J)+S(J,K)*AC(K)
J=N+1
DO 58 JEE=1,NL
JE=NL+1-JEE
IF(RL(JE))59,71,59
71 J=J-1
D(JE)=D(J)
GO TO 58
59 D(JE)=0.
58 CONTINUE
DO 65 I=1,M
LIBER=LIB(I)
DO 315 MM=1,7
315 CM(MM)=1.
IF(LIBER)316,317,316
316 GO TO(318,320,321),LIBER
318 CM(4)=0.
CM(6)=0.
CM(7)=0.
CM(3)=1./2.
CM(2)=1./4.
CM(5)=3./4.
GO TO 317
320 CM(2)=0.
CM(3)=0.
CM(4)=0.
CM(5)=1./4.
CM(7)=1./4.
CM(6)=-1./2.
GO TO 317
321 CM(1)=0.
317 J1=3*JJ(1)-2
J2=3*JJ(1)-1
J3=3*JJ(1)
K1=3*JK(1)-2
K2=3*JK(1)-1
K3=3*JK(1)
SCM2=(4.*E*I2(I))/L(I)
SCM3=(1.5*SCM2)/L(I)
SCM4=(2.*SCM3)/L(I)*CM(2)
SCM1=(E*AX(I))/L(I)*CM(1)
D11=D(J1)-D(K1)
D22=D(J2)-D(K2)
D33=D(J3)+D(K3)
AML(I,1)=AML(I,1)+SCM4*(-D11*CY(I)+D22*CX(I))+SCM3*(D(J3)*CM(3)+
10(K3)*CM(4))
65 AML(I,2)=AML(I,2)+SCM3*(-D11*CY(I)+D22*CX(I))*CM(3)+
1SCM2*(D(J3)*CM(5)+D(K3)/2.*CM(6))
C CALCULO DAS ORDENADAS DA LINHA DE INFLUENCIA E SAIDA DOS RESULTADOS
WRITE(NB,135)NPI
135 FORMAT(/15X,'VALORES EM',I3,' PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO')
JJ1=JJ(NGR)
JK1=JK(NGR)
GO TO(150,150,150,151,152,175),NCLI
150 DSS=-D(IJ)
GO TO 153

```

PAGE 9 A 63

```

151 DSS=D(3*JK1)-D(3*JJ1)-(AML(NGR,1)*L(NGR)**2)/(2.*E*IZ(NGR))+
    1(AML(NGR,2)*L(NGR))/(E*IZ(NGR))
    IF(AL)153,174,153
174 DSS=-DSS
    GO TO 153
152 DSS=D(3*JJ1-1)*CX(NGR)+D(3*JK1-2)*CY(NGR)-D(3*JK1-1)*CX(NGR)-
    1D(3*JJ1-2)*CY(NGR)+(AML(NGR,1)*L(NGR)**3)/(6.*E*IZ(NGR))-(AML(NGR,
    22)*L(NGR)**2)/(2.*E*IZ(NGR))+D(3*JJ1)*L(NGR)
    GO TO 153
175 DSS=D(3*JK1-1)*CX(NGR)+D(3*JK1-2)*CX(NGR)-D(3*JJ1-1)*CY(NGR)-
    1D(3*JJ1-2)*CX(NGR)+(VF*L(NGR))/(E*AX(NGR))
153 DO 144 I=1,M
    JJ1=J(I)
    JK1=JK(I)
    NP11=NP1+2
    IF(NGR-I)137,138,137
138 IF(NCL1-4)137,139,139
139 IF(AL)141,141,140
141 WRITE(NB,142)NGR
142 FORMAT(/20X,'ELEMENTO',I3)
    ACR=L(NGR)/Z(NP1+1)
    ABC(1)=0.
    ORD(1)=-(D(3*JJ1)*L(1)+D(3*JJ1-1)*CX(1)-D(3*JJ1-2)*CY(1)+(AML(1,1)
    1*L(1)**3)/(6.*E*IZ(1))-(AML(1,2)*L(1)**2)/(2.*E*IZ(1)))/DSS
    DO 143 J=2,NP11
    ABC(J)=ABC(J-1)+ACR
143 ORD(J)=(D(3*JJ1)*L(1)-ABC(J))+D(3*JJ1-1)*CX(1)-D(3*JJ1-2)*CY(1)+
    1(AML(1,1)*L(1)-ABC(J)**3)/(6.*E*IZ(1))-(AML(1,2)*L(1)-ABC(J))**
    22)/(2.*E*IZ(1))/DSS*(-1)
    GO TO 136
140 IF(BL)137,137,145
137 WRITE(NB,142)I
    ACR=L(1)/(NP1+1)
    ABC(1)=0.
    ORD(1)=(D(3*JJ1-1)*CX(1)-D(3*JJ1-2)*CY(1))/DSS
    DO 146 J=2,NP11
    ABC(J)=ABC(J-1)+ACR
146 ORD(J)=(D(3*JJ1)*ABC(J)+D(3*JJ1-1)*CX(1)-D(3*JJ1-2)*CY(1)+(AML(1,1)
    1)*ABC(J)**3)/(6.*E*IZ(1))-(AML(1,2)*ABC(J)**2)/(2.*E*IZ(1))/DSS
    GO TO 136
145 WRITE(NB,147)I
147 FORMAT(/10X,'ELEMENTO',I3,' TRECHO A ESQUERDA DA SECAO')
    ACR=L(NGR)/(NP1+1)
    ABC(1)=0.
    ORD(1)=(D(3*JJ1-1)*CX(1)-D(3*JJ1-2)*CY(1))/DSS
    DO 148 J=2,NP11
    ABC(J)=ABC(J-1)+ACR
148 ORD(J)=(D(3*JJ1)*ABC(J)+D(3*JJ1-1)*CX(1)-D(3*JJ1-2)*CY(1)+(AML(1,1)
    1)*ABC(J)**3)/(6.*E*IZ(1))-(AML(1,2)*ABC(J)**2)/(2.*E*IZ(1))/DSS
    WRITE(NB,149)(ABC(J),J=1,NP11)
149 FORMAT(' ABCISSA ',12F9.3)
    WRITE(NB,181)(ORD(J),J=1,NP11)
181 FORMAT(' ORDENADA ',12F9.5)
    JJ1=JJ(M)
    JK1=JK(M)
    WRITE(NB,182)I
182 FORMAT(/10X,'ELEMENTO',I3,' TRECHO A DIREITA DA SECAO')
    ACR=L(M)/(NP1+1)
    ABC(1)=0.

```

PAGE 10 A 63

```

ORD(1)=(D(3*JJ1-1)*CX(M)-D(3*JJ1-2)*CY(M))/DSS
DO 183 J=2,NP11
ABC(J)=ABC(J-1)+AGR
183 ORD(J)=(D(3*JJ1)*ABC(J)+D(3*JJ1-1)*CX(M)-D(3*JJ1-2)*CY(M)+(AML(M,1
1)*ABC(J)**3)/(6.*E*IZ(M))-(AML(M,2)*ABC(J)**2)/(2.*E*IZ(M)))/DSS
M=M-1
136 WRITE(NB,149)(ABC(J),J=1,NP11)
144 WRITE(NB,181)(ORD(J),J=1,NP11)
C RECONSTITUICAO DA ESTRUTURA
IF(NCL1-4)180,154,154
180 RL(IJ)=1
NK=NR+1
GO TO 155
154 IF(AL)156,156,157
157 IF(UL)158,158,159
158 LIB(NGR)=0
GO TO 155
159 L(NGR)=L(M+1)+L(NGR)
JK(NGR)=JK(M+1)
LIB(NGR)=LIB(M+1)
NJ=NJ-1
GO TO 155
156 CX(NGR)=-CX(NGR)
CY(NGR)=-CY(NGR)
JK1=JJ(NGR)
JJ(NGR)=JK(NGR)
JK(NGR)=JK1
LIB(NGR)=0
155 IF(NULC)67,68,67
67 IF(NULT)69,72,69
69 CALL EXIT
68 CALL LINK(SARK4)
72 CALL LINK(SARK1)
END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 2082 VARIABLES 252 PROGRAM 2722

END OF COMPILATION

// DUP

*STORE WS UA SARK2
CART ID 00FF DB ADDR 4037 DB CNT 00C0

// XEQ SARK1

A P Ê N D I C E 3

EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DO PROGRAMA PARA PÓRTICOS PLANOS

LINHAS DE INFLUENCIA EM PORTICOS PLANOS

AUTOR PAULO JORGE SARKIS

PORTICO DE PONTE
EXEMPLO DE APLICACOES
TESE DE MESTRADO

*****PORTICO NUMERO 1*****

DADOS DA ESTRUTURA

M N NJ NR NRJ E
9 20 8 4 2 1.

COORDENADAS E RESTRICOES DOS NOS

NO	X	Y	RESTRICAO X	RESTRICAO Y	RESTRICAO Z
1	0.00	5.00	0	0	0
2	3.00	5.00	0	0	0
3	11.00	5.00	0	0	0
4	23.00	5.00	0	0	0
5	31.00	5.00	0	0	0
6	34.00	5.00	0	0	0
7	6.00	0.00	1	1	0
8	28.00	0.00	1	1	0

DESIGNACOES E PROPRIEDADES DOS MEMBROS

MEMBRO	JJ	JK	AX	IZ	L	CX	CY	VINCULO
1	1	2	1.00000	1.00000	3.00	1.000	0.000	0
2	2	3	1.00000	1.00000	8.00	1.000	0.000	0
3	3	4	1.00000	1.00000	12.00	1.000	0.000	0
4	4	5	1.00000	1.00000	8.00	1.000	0.000	0
5	5	6	1.00000	1.00000	3.00	1.000	0.000	0
6	2	7	1.00000	1.00000	5.83	0.514	-0.857	1
7	7	3	1.00000	1.00000	7.07	0.707	0.707	0
8	8	4	1.00000	1.00000	7.07	-0.707	0.707	0
9	5	8	1.00000	1.00000	5.83	-0.514	-0.857	1

LINHA DE INFLUENCIA DA REACAO VERTICAL NO APOIO 7

VALORES EM 5 PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO

ELEMENTO 1

ABCISSA	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA	-1.27270	-1.24997	-1.22725	-1.20452	-1.18180	-1.15907	-1.13635

ELEMENTO 2

ABCISSA	0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ORDENADA	-1.13635	-1.07575	-1.01514	-0.95454	-0.89394	-0.83333	-0.77273

ELEMENTO 3

ABCISSA	0.000	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000
ORDENADA	-0.77273	-0.68182	-0.59091	-0.50000	-0.40908	-0.31817	-0.22726

ELEMENTO 4

ABCISSA	0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ORDENADA	-0.22726	-0.16666	-0.10605	-0.04545	0.01515	0.07575	0.13635

		ELEMENTO 5					
ABCISSA	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA	0.13635	0.15908	0.18181	0.20453	0.22726	0.24999	0.27271

		ELEMENTO 6					
ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	-0.77952	-0.73535	-0.69118	-0.64701	-0.60283	-0.55866	-0.51449

		ELEMENTO 7					
ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	-0.70710	-0.65353	-0.59997	-0.54640	-0.49283	-0.43927	-0.38570

		ELEMENTO 8					
ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	0.00000	0.05356	0.10713	0.16070	0.21426	0.26783	0.32140

		ELEMENTO 9					
ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	-0.26503	-0.22086	-0.17669	-0.13251	-0.08834	-0.04417	-0.00000

LINHA DE INFLUENCIA DA REACAO HORIZONTAL NO APOIO 7

VALORES EM 5 PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO

		ELEMENTO 1					
ABCISSA	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA	0.57693	0.52789	0.47885	0.42981	0.38077	0.33173	0.28269

		ELEMENTO 2					
ABCISSA	0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ORDENADA	0.28269	0.15123	0.01985	-0.10928	-0.23402	-0.35220	-0.46165

		ELEMENTO 3					
ABCISSA	0.000	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000
ORDENADA	-0.46165	-0.59212	-0.67040	-0.69649	-0.67039	-0.59211	-0.46165

		ELEMENTO 4					
ABCISSA	0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ORDENADA	-0.46165	-0.35219	-0.23402	-0.10928	0.01985	0.15123	0.28269

		ELEMENTO 5					
ABCISSA	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA	0.28269	0.33173	0.38077	0.42981	0.47885	0.52789	0.57693

		ELEMENTO 6					
ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	-0.29887	-0.39366	-0.48753	-0.58067	-0.67325	-0.76546	-0.85749

		ELEMENTO 7					
ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	0.70710	0.58626	0.46703	0.35100	0.23978	0.13497	0.03818

		ELEMENTO 8					
ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	0.00000	0.12083	0.24006	0.35609	0.46731	0.57212	0.66891

ELEMENTO 9

ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	-0.55861	-0.46382	-0.36995	-0.27681	-0.18423	-0.09202	-0.00000

LINHA DE INFLUENCIA DO MOMENTO FLETOR NO ELEMENTO 3 ABCISSA 6.00

VALORES EM 5 PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO

	ELEMENTO 1						
ABCISSA	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA	0.11530	0.11050	0.10571	0.10091	0.09611	0.09132	0.08652
	ELEMENTO 2						
ABCISSA	0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ORDENADA	0.08652	0.07714	0.06737	0.04641	0.00344	-0.07232	-0.19171
	ELEMENTO 3 TRECHO A ESQUERDA DA SECAO						
ABCISSA	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
ORDENADA	-0.19171	-0.33293	-0.53938	-0.81106	-1.14798	-1.55013	-2.01751
	ELEMENTO 3 TRECHO A DIREITA DA SECAO						
ABCISSA	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
ORDENADA	-2.01751	-1.55013	-1.14798	-0.81106	-0.53938	-0.33293	-0.19171

	ELEMENTO 4						
ABCISSA	0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ORDENADA	-0.19171	-0.07232	0.00344	0.04641	0.06737	0.07714	0.08652

	ELEMENTO 5						
ABCISSA	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA	0.08652	0.09132	0.09611	0.10091	0.10571	0.11050	0.11530

	ELEMENTO 6						
ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	0.12236	0.11042	0.09387	0.07363	0.05062	0.02577	0.00000

	ELEMENTO 7						
ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	0.00000	0.01492	0.02184	0.01272	-0.02042	-0.08563	-0.19091

	ELEMENTO 8						
ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	0.00000	-0.01492	-0.02184	-0.01272	0.02042	0.08563	0.19091

	ELEMENTO 9						
ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	-0.12236	-0.11042	-0.09387	-0.07363	-0.05062	-0.02577	-0.00000

LINHA DE INFLUENCIA DO ESFORÇO CORTANTE NO ELEMENTO 3 ABCISSA 0.00

VALORES EM 5 PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO

	ELEMENTO 1						
ABCISSA	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA	-0.27272	-0.24999	-0.22726	-0.20454	-0.18181	-0.15908	-0.13636

	ELEMENTO 2						
ABCISSA	0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999

ORDENADA -0.13636 -0.07575 -0.01515 0.04545 0.10605 0.16666 0.22727

ELEMENTO 3

ABCISSA 0.000 2.000 4.000 6.000 8.000 10.000 12.000
ORDENADA -0.77272 -0.58182 -0.59091 -0.50000 -0.40908 -0.31818 -0.22727

ELEMENTO 4

ABCISSA 0.000 1.333 2.666 4.000 5.333 6.666 7.999
ORDENADA -0.22727 -0.16666 -0.10605 -0.04545 0.01515 0.07575 0.13636

ELEMENTO 5

ABCISSA 0.000 0.500 1.000 1.500 2.000 2.500 3.000
ORDENADA 0.13636 0.15908 0.18181 0.20454 0.22726 0.24999 0.27272

ELEMENTO 6

ABCISSA 0.000 0.971 1.943 2.915 3.887 4.859 5.830
ORDENADA -0.26503 -0.22086 -0.17669 -0.13251 -0.08834 -0.04417 -0.00000

ELEMENTO 7

ABCISSA 0.000 1.178 2.357 3.535 4.714 5.892 7.071
ORDENADA 0.00000 0.05356 0.10713 0.16070 0.21427 0.26783 0.32140

ELEMENTO 8

ABCISSA 0.000 1.178 2.357 3.535 4.714 5.892 7.071
ORDENADA 0.00000 0.05356 0.10713 0.16070 0.21427 0.26784 0.32140

ELEMENTO 9

ABCISSA 0.000 0.971 1.943 2.915 3.887 4.859 5.830
ORDENADA -0.26503 -0.22086 -0.17669 -0.13251 -0.08834 -0.04417 -0.00000

LINHA DE INFLUENCIA DO ESFORÇO CORTANTE NO ELEMENTO 3 ABCISSA 3.00

VALORES EM 5 PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO

ELEMENTO 1

ABCISSA 0.000 0.500 1.000 1.500 2.000 2.500 3.000
ORDENADA -0.27272 -0.24999 -0.22726 -0.20454 -0.18181 -0.15908 -0.13636

ELEMENTO 2

ABCISSA 0.000 1.333 2.666 4.000 5.333 6.666 7.999
ORDENADA -0.13636 -0.07575 -0.01515 0.04545 0.10605 0.16666 0.22726

ELEMENTO 3 TRECHO A ESQUERDA DA SECAO

ABCISSA 0.000 0.500 1.000 1.500 2.000 2.500 3.000
ORDENADA 0.22727 0.24999 0.27272 0.29545 0.31817 0.34090 0.36363

ELEMENTO 3 TRECHO A DIREITA DA SECAO

ABCISSA 0.000 1.500 3.000 4.500 6.000 7.500 9.000
ORDENADA -0.63636 -0.56818 -0.50000 -0.43181 -0.36363 -0.29545 -0.22726

ELEMENTO 4

ABCISSA 0.000 1.333 2.666 4.000 5.333 6.666 7.999
ORDENADA -0.22726 -0.16666 -0.10605 -0.04545 0.01515 0.07575 0.13636

ELEMENTO 5

ABCISSA 0.000 0.500 1.000 1.500 2.000 2.500 3.000
ORDENADA 0.13636 0.15908 0.18181 0.20454 0.22726 0.24999 0.27272

ELEMENTO 6

ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	-0.26503	-0.22086	-0.17669	-0.13251	-0.08834	-0.04417	-0.00000

		ELEMENTO 7					
ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	0.00000	0.05356	0.10713	0.16070	0.21427	0.26783	0.32140

		ELEMENTO 8					
ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	0.00000	0.05356	0.10713	0.16070	0.21427	0.26783	0.32140

		ELEMENTO 9					
ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	-0.26503	-0.22086	-0.17669	-0.13251	-0.08834	-0.04417	-0.00000

LINHA DE INFLUENCIA DO ESFORÇO NORMAL NO ELEMENTO 7 ABCISSA 0.00

VALORES EM 5 PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO

		ELEMENTO 11					
ABCISSA	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA	0.43547	0.42128	0.40708	0.39289	0.37870	0.36451	0.35031

		ELEMENTO 2					
ABCISSA	0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ORDENADA	0.35031	0.34592	0.39589	0.48138	0.58359	0.68368	0.76283

		ELEMENTO 3					
ABCISSA	0.000	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000
ORDENADA	0.76283	0.83375	0.85929	0.83945	0.77424	0.66366	0.50770

		ELEMENTO 4					
ABCISSA	0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ORDENADA	0.50770	0.38418	0.25308	0.11627	-0.02435	-0.16693	-0.30957

		ELEMENTO 5					
ABCISSA	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA	-0.30957	-0.36284	-0.41611	-0.46938	-0.52265	-0.57592	-0.62919

		ELEMENTO 6					
ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	0.63205	0.58611	0.50776	0.40350	0.27980	0.14314	0.00000

		ELEMENTO 7					
ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	0.00000	0.00964	0.02184	0.03915	0.06411	0.09928	0.14720

		ELEMENTO 8					
ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	0.00000	-0.13012	-0.25884	-0.38478	-0.50654	-0.62273	-0.73194

		ELEMENTO 9					
ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	0.60967	0.50659	0.40431	0.30267	0.20151	0.10067	0.00000

LINHA DE INFLUENCIA DO ESFORÇO NORMAL NO ELEMENTO 6 ABCISSA 3.00

VALORES EM 5 PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO

		ELEMENTO 1						
		0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ABCISSA		0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA		1.41100	1.35384	1.29668	1.23952	1.18236	1.12519	1.06803

		ELEMENTO 2						
		0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ABCISSA		0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ORDENADA		1.06803	0.90243	0.72083	0.53876	0.37173	0.23527	0.14490

		ELEMENTO 3						
		0.000	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000
ABCISSA		0.000	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000
ORDENADA		0.14490	0.06109	-0.00386	-0.04996	-0.07720	-0.08559	-0.07512

		ELEMENTO 4						
		0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ABCISSA		0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ORDENADA		-0.07512	-0.06002	-0.04177	-0.02115	0.00106	0.02408	0.04713

		ELEMENTO 5						
		0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ABCISSA		0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA		0.04713	0.05569	0.06424	0.07279	0.08134	0.08989	0.09844

		ELEMENTO 6 TRECHO A ESQUERDA DA SECAO						
		0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ABCISSA		0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA		0.46571	0.41070	0.35974	0.31245	0.26846	0.22738	0.18883

		ELEMENTO 6 TRECHO A DIREITA DA SECAO						
		0.000	0.471	0.943	1.415	1.887	2.359	2.830
ABCISSA		0.000	0.471	0.943	1.415	1.887	2.359	2.830
ORDENADA		0.18883	0.15443	0.12162	0.09010	0.05953	0.02960	0.00000

		ELEMENTO 7						
		0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ABCISSA		0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA		0.00000	0.06866	0.13039	0.17825	0.20533	0.20468	0.16938

		ELEMENTO 8						
		0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ABCISSA		0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA		0.00000	0.02205	0.04352	0.06384	0.08242	0.09868	0.11204

		ELEMENTO 9						
		0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ABCISSA		0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA		-0.09493	-0.07849	-0.06239	-0.04656	-0.03093	-0.01543	-0.00000

LINHA DE INFLUENCIA DO ESFORÇO NORMAL NO ELEMENTO 6 ABCISSA 0.00

ERRO - O VINCULO NAO PERMITE O CALCULO NA ABCISSA REFERENCIADA

LINHA DE INFLUENCIA DO MOMENTO FLETOR NO ELEMENTO 1 ABCISSA 2.00

VALORES EM 5 PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO

		ELEMENTO 1 TRECHO A ESQUERDA DA SECAO						
		0.000	0.333	0.666	1.000	1.333	1.666	1.999
ABCISSA		0.000	0.333	0.666	1.000	1.333	1.666	1.999
ORDENADA		1.99999	1.66666	1.33333	0.99999	0.66666	0.33333	-0.00000

		ELEMENTO 1 TRECHO A DIREITA DA SECAO						
		0.000	0.166	0.333	0.500	0.666	0.833	0.999
ABCISSA		0.000	0.166	0.333	0.500	0.666	0.833	0.999
ORDENADA		-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000

ELEMENTO 2

ABCISSA	0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ORDENADA	-0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

ELEMENTO 3							
ABCISSA	0.000	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000
ORDENADA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000

ELEMENTO 4							
ABCISSA	0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ORDENADA	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

ELEMENTO 5							
ABCISSA	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

ELEMENTO 6							
ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000

ELEMENTO 7							
ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

ELEMENTO 8							
ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

ELEMENTO 9							
ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000

LINHA DE INFLUENCIA DO MOMENTO FLETOR NO ELEMENTO 2 ABCISSA 4.00

VALORES EM 5 PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO

ELEMENTO 1							
ABCISSA	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA	1.04903	0.92658	0.80413	0.68168	0.55923	0.43678	0.31434

ELEMENTO 2 TRECHO A ESQUERDA DA SECAO							
ABCISSA	0.000	0.666	1.333	2.000	2.666	3.333	3.999
ORDENADA	0.31434	0.13343	-0.08281	-0.33448	-0.62164	-0.94437	-1.30275

ELEMENTO 2 TRECHO A DIREITA DA SECAO							
ABCISSA	0.000	0.666	1.333	2.000	2.666	3.333	3.999
ORDENADA	-1.30275	-1.03018	-0.79341	-0.59251	-0.42756	-0.29864	-0.20581

ELEMENTO 3							
ABCISSA	0.000	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000
ORDENADA	-0.20581	-0.00632	0.14366	0.24414	0.29512	0.29660	0.24858

ELEMENTO 4							
ABCISSA	0.000	1.333	2.666	4.000	5.333	6.666	7.999
ORDENADA	0.24858	0.19524	0.13363	0.06579	-0.00621	-0.08034	-0.15455

ELEMENTO 5							
ABCISSA	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA	-0.15455	-0.18213	-0.20972	-0.23730	-0.26489	-0.29247	-0.32006

ELEMENTO 6

ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	0.52872	0.32611	0.18595	0.09574	0.04301	0.01526	0.00000

ELEMENTO 7

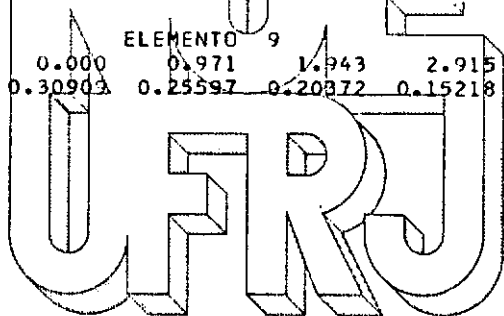
ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	0.00000	-0.15278	-0.28959	-0.39445	-0.45137	-0.44439	-0.35752

ELEMENTO 8

ABCISSA	0.000	1.178	2.357	3.535	4.714	5.892	7.071
ORDENADA	0.00000	-0.06999	-0.13847	-0.20390	-0.26477	-0.31957	-0.36676

ELEMENTO 9

ABCISSA	0.000	0.971	1.943	2.915	3.887	4.859	5.830
ORDENADA	0.30903	0.25597	0.20372	0.15218	0.10116	0.05049	0.00000



LINHAS DE INFLUENCIA EM PORTICOS PLANOS

AUTOR PAULO JORGE SARKIS

PORTICO TESTE
EXEMPLO DE APLICACOES
TESE DE MESTRADO

*****PORTICO NUMERO 2*****

DADOS DA ESTRUTURA

M	N	NJ	NR	NRJ	E
5	10	16	8	3	2100000.

COORDENADAS E RESTRICOES DOS NOS

NO	X	Y	RESTRICAO X	RESTRICAO Y	RESTRICAO Z
1	0.00	0.00	0	0	0
2	5.00	0.00	1	1	1
3	14.00	0.00	1	1	1
4	0.00	4.00	0	0	0
5	5.00	4.00	0	0	0
6	8.00	8.00	0	0	0

DESIGNACOES E PROPRIEDADES DOS MEMBROS

MEMBRO	JJ	JK	AX	IZ	L	CX	CY	VINCULO
1	1	4	0.12000	0.00360	4.00	0.000	1.000	0
2	2	5	0.12000	0.00360	4.00	0.000	1.000	0
3	4	5	0.24000	0.00400	5.00	1.000	0.000	0
4	5	6	0.24000	0.00400	5.00	0.600	0.800	0
5	6	3	0.30000	0.00800	10.00	0.600	-0.800	0

LINHA DE INFLUENCIA DO ESFORCO CORTANTE NO ELEMENTO 4 ABCISSA 5.00

VALORES EM 5 PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO

ELEMENTO 1

ABCISSA	0.000	0.666	1.333	2.000	2.666	3.333	3.999
ORDENADA	0.00000	0.06569	0.12794	0.18327	0.22824	0.25939	0.27326

ELEMENTO 2

ABCISSA	0.000	0.666	1.333	2.000	2.666	3.333	3.999
ORDENADA	0.00000	0.01124	0.04208	0.09814	0.14508	0.20853	0.27414

ELEMENTO 3

ABCISSA	0.000	0.833	1.666	2.500	3.333	4.166	4.999
ORDENADA	-0.00321	-0.01036	-0.03269	-0.05625	-0.06707	-0.05119	0.00535

ELEMENTO 4

ABCISSA	0.000	0.833	1.666	2.500	3.333	4.166	4.999
ORDENADA	0.22252	0.32707	0.46659	0.62450	0.78425	0.92927	1.04299

ELEMENTO 5

ABCISSA	0.000	1.666	3.333	5.000	6.666	8.333	9.999
ORDENADA	-0.16593	-0.02511	0.04160	0.05584	0.03924	0.01341	-0.00000

LINHA DE INFLUENCIA DO MOMENTO FLETOR NO ELEMENTO 5 ABCISSA 2.50

VALORES EM 5 PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO

	ELEMENTO 1						
ABCISSA	0.000	0.666	1.333	2.000	2.666	3.333	3.999
ORDENADA	0.00000	0.07147	0.13955	0.20083	0.25191	0.28939	0.30988

	ELEMENTO 2						
ABCISSA	0.000	0.666	1.333	2.000	2.666	3.333	3.999
ORDENADA	0.00000	0.01595	0.05797	0.11725	0.18500	0.25243	0.31074

	ELEMENTO 3						
ABCISSA	0.000	0.833	1.666	2.500	3.333	4.166	4.999
ORDENADA	-0.00284	-0.00155	-0.01662	-0.03569	-0.04644	-0.03652	0.00638

	ELEMENTO 4						
ABCISSA	0.000	0.833	1.666	2.500	3.333	4.166	4.999
ORDENADA	0.25242	0.32163	0.38461	0.41500	0.38642	0.27250	0.04688

ELEMENTO 5 TRECHO A ESQUERDA DA SECAO

ABCISSA	0.000	0.416	0.833	1.250	1.666	2.083	2.499
ORDENADA	-0.18729	-0.34097	-0.51142	-0.69814	-0.90063	-1.11841	-1.35097

ELEMENTO 5 TRECHO A DIREITA DA SECAO

ABCISSA	0.000	1.250	2.500	3.750	5.000	6.250	7.500
ORDENADA	-1.35097	-0.88239	-0.52903	-0.27750	-0.11440	-0.02637	-0.00000

LINHA DE INFLUENCIA DO ESFORÇO CORTANTE NO ELEMENTO 4 ABCISSA 3.00

VALORES EM 5 PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO

	ELEMENTO 1						
ABCISSA	0.000	0.666	1.333	2.000	2.666	3.333	3.999
ORDENADA	0.00000	0.06568	0.12792	0.18324	0.22820	0.25934	0.27321

	ELEMENTO 2						
ABCISSA	0.000	0.666	1.333	2.000	2.666	3.333	3.999
ORDENADA	0.00000	0.01124	0.04206	0.08811	0.14504	0.20848	0.27408

	ELEMENTO 3						
ABCISSA	0.000	0.833	1.666	2.500	3.333	4.166	4.999
ORDENADA	-0.00321	-0.01036	-0.03270	-0.05626	-0.06707	-0.05119	0.00536

ELEMENTO 4 TRECHO A ESQUERDA DA SECAO

ABCISSA	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
ORDENADA	0.22248	0.28009	0.35268	0.43667	0.52847	0.62451	0.72121

ELEMENTO 4 TRECHO A DIREITA DA SECAO

ABCISSA	0.000	0.333	0.666	1.000	1.333	1.666	1.999
ORDENADA	-0.27878	-0.21572	-0.15502	-0.09774	-0.04494	0.00231	0.04298

	ELEMENTO 5						
ABCISSA	0.000	1.666	3.333	5.000	6.666	8.333	9.999
ORDENADA	-0.16589	-0.02508	0.04161	0.05585	0.03924	0.01341	-0.00000

ORDENADA 0.00000 0.01124 0.04208 0.09814 0.14508 0.20853 0.27414

ELEMENTO 3

ABCISSA 0.000 0.833 1.666 2.500 3.333 4.166 4.999
ORDENADA -0.00321 -0.01036 -0.03269 -0.05625 -0.06707 -0.05119 0.00535

ELEMENTO 4

ABCISSA 0.000 0.833 1.666 2.500 3.333 4.166 4.999
ORDENADA -0.77747 -0.67292 -0.53340 -0.37549 -0.21574 -0.07072 0.04279

ELEMENTO 5

ABCISSA 0.000 1.666 3.333 5.000 6.666 8.333 9.999
ORDENADA -0.16593 -0.02511 0.04160 0.05584 0.03924 0.01341 -0.00000

LINHA DE INFLUENCIA DA REACAO DE ENGASTAMENTO NO APOIO 2

VALORES EM 5 PONTOS INTERMEDIARIOS POR ELEMENTO

ELEMENTO 1

ABCISSA 0.000 0.666 1.333 2.000 2.666 3.333 3.999
ORDENADA 0.00000 -0.27910 -0.54942 -0.80220 -1.02866 -1.22003 -1.36752

ELEMENTO 2

ABCISSA 0.000 0.666 1.333 2.000 2.666 3.333 3.999
ORDENADA 0.00000 -0.57366 -0.97726 -1.23475 -1.37003 -1.40705 -1.36974

ELEMENTO 3

ABCISSA 0.000 0.833 1.666 2.500 3.333 4.166 4.999
ORDENADA 0.00265 -0.11554 -0.17125 -0.17602 -0.14138 -0.07888 -0.00006

ELEMENTO 4

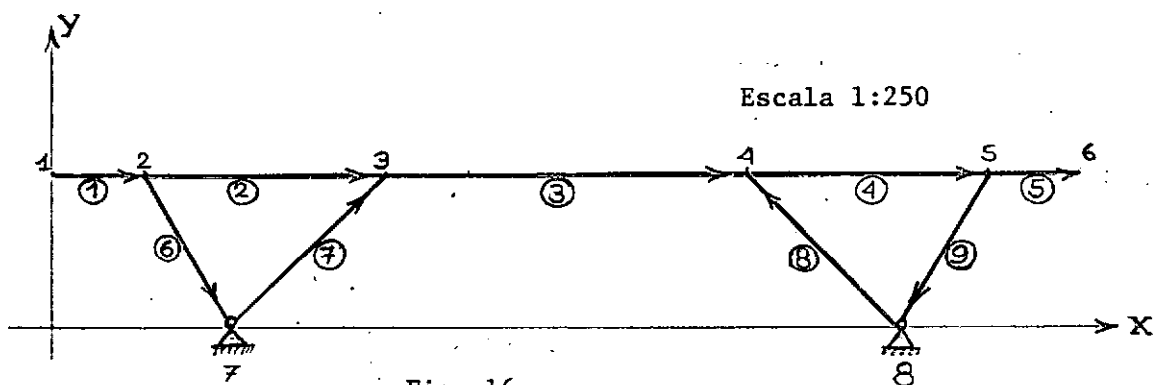
ABCISSA 0.000 0.833 1.666 2.500 3.333 4.166 4.999
ORDENADA -1.09583 -0.97955 -0.81567 -0.63225 -0.45735 -0.31905 -0.24539

ELEMENTO 5

ABCISSA 0.000 1.666 3.333 5.000 6.666 8.333 9.999
ORDENADA 0.85666 0.83762 0.69142 0.47630 0.25052 0.07234 -0.00000

A P Ê N D I C E 4GRÁFICOS DE ALGUNS EXEMPLOS

PÓRTICO Nº 1



LINHA DE INFLUÊNCIA DA REAÇÃO VERTICAL NO APOIO 7

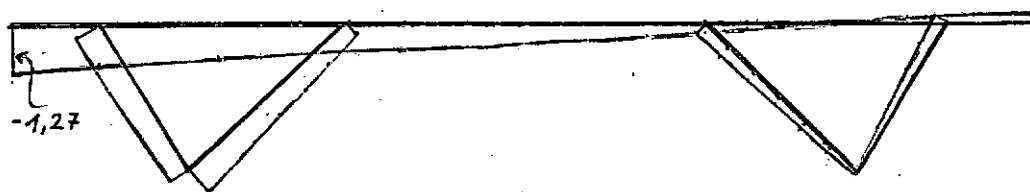


Fig. 17

LINHA DE INFLUÊNCIA DO MOMENTO FLETOR NO ELEMENTO 3 ABCISSA 6,0

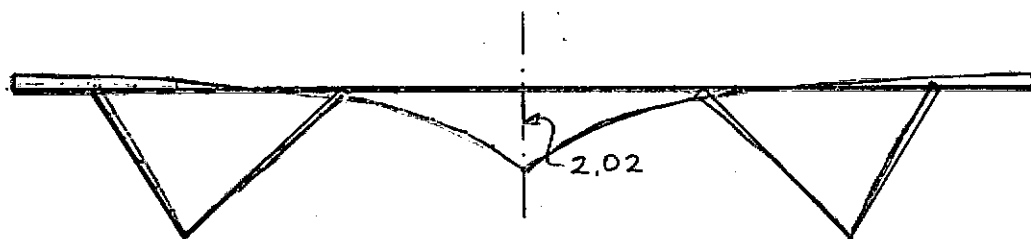


Fig. 18

LINHA DE INFLUÊNCIA DO ESFÔRÇO CORTANTE NO ELEMENTO 3 ABCISSA 3,0

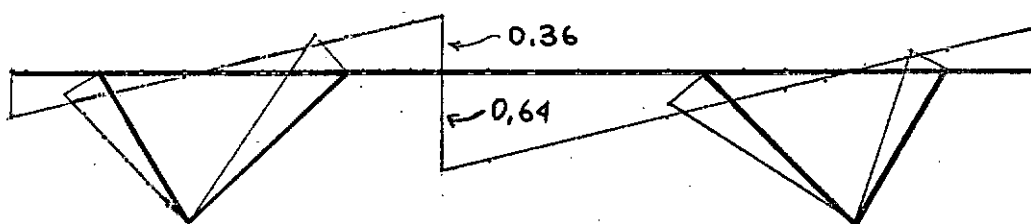


Fig. 19

LINHA DE INFLUÊNCIA DO ESFÔRÇO NORMAL NO ELEMENTO 6 ABCISSA 3,0

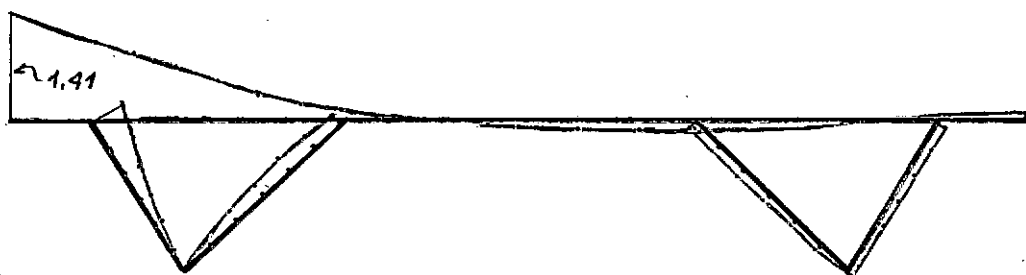


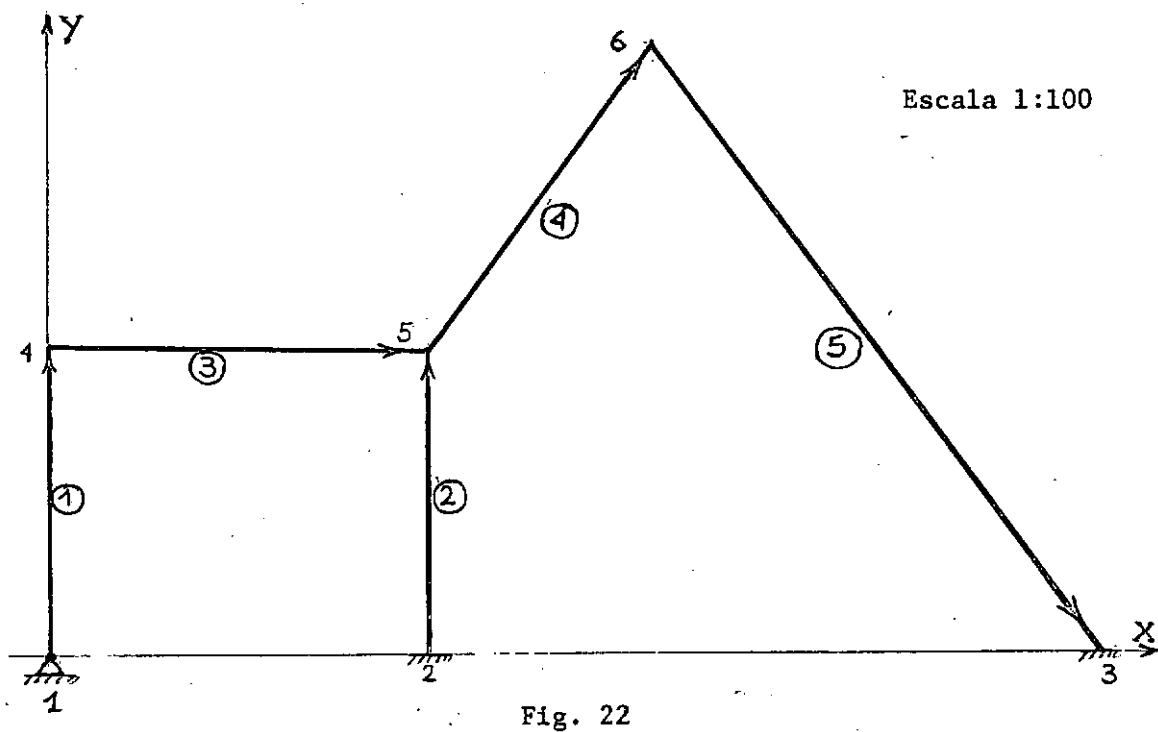
Fig. 20

LINHA DE INFLUÊNCIA DO MOMENTO FLETOR NO ELEMENTO 2 ABCISSA 4,0



Fig. 21

PÓRTICO Nº 2



LINHA DE INFLUÊNCIA DE ESFÔRÇO CORTANTE NO ELEMENTO 4 ABCISSA 0,0

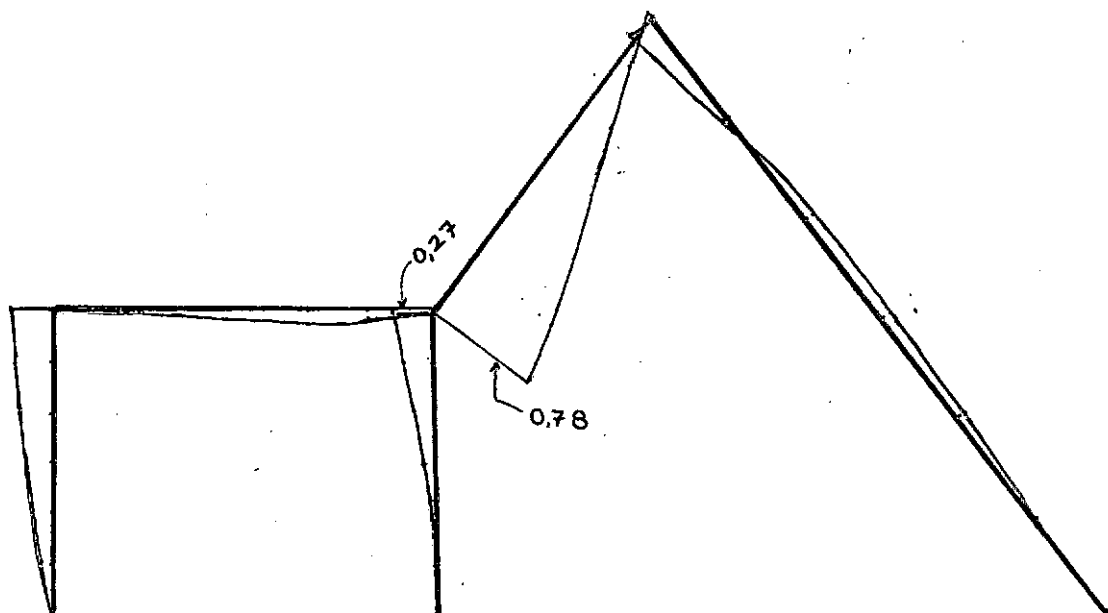


Fig. 23