

sinclair
ZX81

"AERI" - ANÁLISE DE ESTRUTURAS
RETCULADAS ISOSTÁTICAS

SINCLAIR ZX81

PERSONAL COMPUTER

DESCRIÇÃO E MODO
DE UTILIZAÇÃO

NOME DO PROGRAMA

"AERI"

PROGRAMA Nº _____

FOLHA Nº _____

1 / 14

"AERI"

ANÁLISE DE ESTRUTURAS RECTICULADAS ISOSTÁTICAS

1.- GENERALIDADES

Este programa, escrito em BASIC para o SINCLAIR ZX81, resolve estruturas recticuladas isostáticas, com determinação das reacções dos apoios, esforços normais nas barras e deslocamentos dos nós; são, ainda, calculados os comprimentos das barras, em verdadeira grandeza, com indicação dos senos e cosenos directores.

A estrutura é definida pelas coordenadas de cada nó, pela indicação dos números dos nós extremos de cada barra e ainda pela secção do perfil de cada barra, devendo ser indicado o módulo de elasticidade do material usado na construção (geralmente aço com $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$).

2.- TEORIA APLICADA

Para o cálculo dos esforços nas barras, assim como na determinação das reacções dos apoios, recorreu-se ao método dos nós, estabelecido numa forma matricial.

Os sistemas de equações resultantes são resolvidos na forma matricial por aplicação do método da eliminação de Gauss.

Para a determinação dos deslocamentos dos nós utilizou-se o teorema de Castigliano aplicado a estruturas recticuladas, com posterior desenvolvimento matricial em que, também, se recorre à eliminação de Gauss.

3.- PREPARAÇÃO DA ESTRUTURA

Como metodologia recomendada, para aplicação do programa "AERI" a uma dada estrutura, esta deve ser preparada para o cálculo do seguinte modo:

3.1.- Numeração dos nós

Os nós devem ser numerados de 1 até N, sendo N a totalidade do número de nós.

Os números podem ser atribuídos de uma forma arbitrária, mas recomenda-se que seja seguida uma certa sequência, pois facilita a interpretação dos resultados obtidos e reduz as probabilidades de enganos.

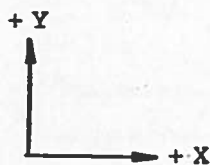
Os únicos condicionalismos situam-se nos nós dos apoios, os quais devem ser numerados como se indica:

apoio móvel: penúltimo nó (N-1)

apoio fixo : último nó (N)

3.2.- Coordenadas dos nós

As posições dos nós são definidas pelas respectivas coordenadas (X para abcissas e Y para ordenadas), as quais assumem valores positivos correspondentes aos convencionados para o primeiro quadrante:



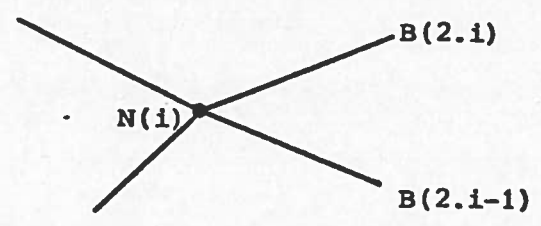
A unidade recomendada é o metro.

3.3.- Numeração das barras

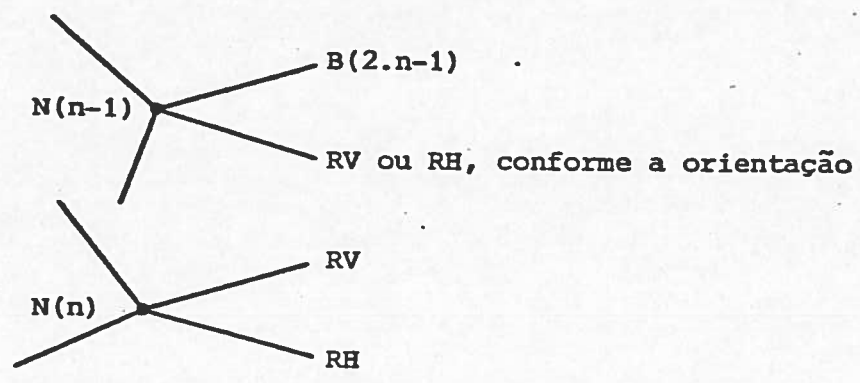
As barras devem ser numeradas de 1 até B, sendo B a totalidade do número de barras. Cabe aqui fazer notar que a condição de isostaticidade implica que:

$$B = 2.N - 3$$

Relativamente à organização matricial do processo de cálculo é vantajoso que a numeração das barras obedeça à seguinte regra:



ou seja, no nó $N(i)$ devem convergir, pelo menos, as barras $B(2.i)$ e $B(2.i-1)$. Note-se que esta regra, quando aplicada aos nós de apoio, apresenta as seguintes particularidades:



ou seja, no penúltimo nó a barra $B(2.i)$ é substituída pela reacção do apoio, enquanto no último nó ambas as barras são substituídas pelas reacções vertical e horizontal.

3.4.- Extremidades das barras

Cada uma das barras é definida pelos seus nós extremos, isto é, pela indicação dos números dos nós situados na extremidade "esquerda" e "direita".

Os conceitos de "esquerda" e "direita" podem ser arbitrários, mas é aconselhável que o nó "esquerdo" seja o de número mais baixo.

3.5.- Tipos de perfil das barras

Para efeito da determinação dos deslocamentos dos nós é necessário considerar as secções dos perfis usados nas barras e codificá-las numericamente.

No caso de a estrutura ser constituída por um único tipo de perfil, será dada essa indicação, acompanhada da respectiva secção.

3.6.- Tipos de barra

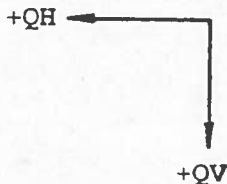
Caso se venha a pretender a listagem dos esforços, separada segundo o critério da posição e função da barra na estrutura (longarina superior ou inferior, travessa, diagonal, etc.), deverão atribuir-se códigos numéricos a cada um dos tipos considerados de barra.

3.7.- Cargas

As cargas devem ser aplicadas unicamente nos nós, podendo estes ser carregados de qualquer modo.

Todas as cargas que não sejam verticais ou horizontais devem ser decompostas nestas duas direcções, após o que se adicionam vectorialmente todas as componentes segundo a mesma direcção (vertical ou horizontal).

Os valores positivos correspondem aos convencionados para o terceiro quadrante:



A unidade recomendada é o quilograma-força.

4.- CONDUÇÃO DO PROGRAMA

O programa está gravado na versão auto-executável e fica em modo RUN, logo que acaba de ser transferido da "cassette" para o computador.

Permanece, no entanto, parado, aguardando o toque em qualquer tecla para prosseguir.

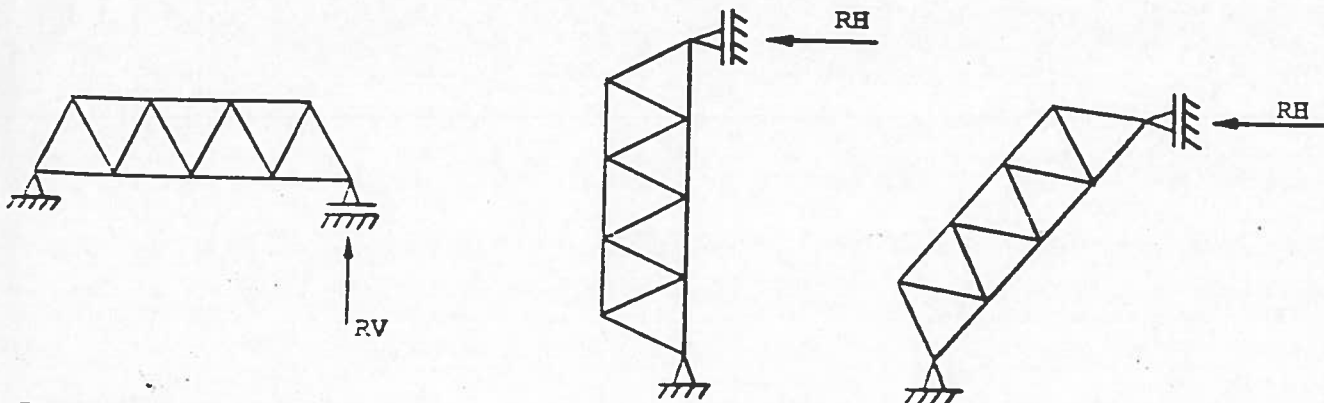
Sempre que uma pergunta é feita e o cursor apresenta o modo L, aguarda a introdução de valores numéricos, seguidos de toque na tecla ENTER ou NEW LINE ; o mesmo se passa quando o cursor apresenta o modo "L", estando neste caso a aguardar informações alfanuméricas.

Quando uma pergunta é feita, sem que surja o cursor, e estão visíveis as respostas possíveis, tocar na tecla da letra inicial, a qual está separada por parentesis:

ex.: S)IM → Tocar em S ou N
N)AO

4.1.- Orientação da reacção do apoio móvel

Esta informação justifica-se, pois o apoio móvel pode possuir reacção vertical ou horizontal, de acordo com a orientação principal da estrutura:



Responder: V ou H

2.- Determinação dos deslocamentos

Responder: S ou N

3.- Módulo de elasticidade

Só surge se em 4.2. a resposta tiver sido "S".

Unidade recomendada: Kgf/cm²

4.- Tipos de perfil e secções

Só surge se em 4.2. a resposta tiver sido "S".

Indicar quantos tipos diferentes de perfil são usados na estrutura e quais as suas secções.

Unidade recomendada: cm²

5.- Entrada dos elementos relativos aos nós

Indicar quantos nós tem a estrutura e, de acordo com o formato indicado no "écran", introduzir as coordenadas dos nós.

No caso de ter respondido "S" em 4.2., é necessário indicar um código de selecção dos nós nos quais interessa determinar os deslocamentos (1, caso se queira determinar deslocamentos no nó em questão; 0, em caso contrário).

NOTA: É aconselhável só pedir informação de deslocamentos nos nós em que tal é absolutamente necessário, pois o tempo de processamento cresce de forma proporcional com o número de nós pedidos.

Sinclair ZX81

PERSONAL COMPUTER

DESCRIÇÃO E MODO
DE UTILIZAÇÃO

NOME DO PROGRAMA

"AERI"

PROGRAMA Nº _____

FOLHA Nº _____

7 / 14

- Entrada de elementos relativos às barras

Indicar quantas barras tem a estrutura e, de acordo com o formato indicado no "écran", introduzir a informação dos números dos nós que são extremidades das barras.

Se em 4.2. tiver sido respondido "S", surge a necessidade de indicar os tipos de perfil, referidos em 3.5., pelo seu código; caso só tenha sido usado um tipo é dispensada a introdução deste dado.

Também surge o pedido de código para os tipos de barra referidos em 3.6.; caso só tenha sido indicado um tipo é dispensada a introdução deste dado.

- Identificação da estrutura

Nesta fase é pedida a indicação do nome da estrutura, do caso de carga e da data.

Estes dados, não sendo, naturalmente, processados, são úteis para identificação das listagens saídas.

- Entrada das cargas aplicadas

As cargas podem ser introduzidas de duas formas:

- Uma a uma, com indicação das respectivas componentes verticais e horizontais e nó de aplicação.
- Por grupos de cargas idênticas, também com indicação das componentes verticais e horizontais e nós de aplicação.

O modo de aplicação é indicado no próprio programa de forma clara.

Sinclair ZX81

PERSONAL COMPUTER

DESCRIÇÃO E MODO
DE UTILIZAÇÃO

NOME DO PROGRAMA

"AERI"

PROGRAMA Nº _____

FOLHA Nº _____

8 / 14

4.9.- Tempo de processamento

O tempo de processamento é uma função exponencial do número de nós da estrutura, sendo possível determiná-lo de forma aproximada pelo diagrama anexo.

No caso de haver pedido de determinação de deslocamentos, o tempo será incrementado da seguinte forma:

$$T = t (1 + 2.D)$$

em que:

- T - tempo total de processamento
- t - tempo de processamento, sem determinação de deslocamentos
- D - quantidade de nós para os quais foi pedida a determinação de deslocamentos

4.10.- Saída de valores

Quando o processamento (que é efectuado em modo FAST) se completa, o programa pára, expõe uma mensagem indicativa no "écran" e aguarda um toque de uma tecla qualquer para prosseguir.

Na versão "AERI" (sem impressão), os valores vão surgindo no "écran" sendo necessário ir fazendo CONT para prosseguir.

Alguma impressão, eventualmente desejada, poderá ser obtida fazendo COPY antes de CONT.

Na versão "AERI.I" (com impressão directa), após o arranque das saídas, a impressão processa-se directamente na impressora, com eventuais interrupções em que, no "écran", são feitas perguntas de opção, e cuja resposta será "S" ou "N", por simples toque na tecla respectiva.

SINCLAIR
ZX81

PERSONAL COMPUTER

DESCRIÇÃO E MODO
DE UTILIZAÇÃO

NOME DO PROGRAMA

"AERI"

PROGRAMA Nº _____

FOLHA Nº 9 / 14

1.11.- Outro caso de carga

No final das saídas é perguntado se se pretende outro caso de carga. Em caso afirmativo (S) o programa regressa à zona da identificação, tendo feito a reposição a zero dos valores calculados e conservando a matriz das características geométricas.

5.- CORRECÇÃO DE ERROS

Aquando da introdução de dados é sempre possível que sucedam lapsos. Nestes casos a solução elementar seria recommear o que é, naturalmente, fastidioso.

Quando acontecer algum erro na introdução de dados, será recomendável proceder como indicado:

- Anotar o dado errado.
- Prosseguir na introdução de dados como se tudo estivesse bem.
- No final da entrada das cargas, o programa emite a mensagem "AGUARDE", antes de entrar em modo FAST para processamento; nessa altura pará-lo mediante BREAK.
- Proceder à correcção dos dados como se segue:

para nós e deslocamentos:

```
LET X(n) = j
LET Y(n) = j
LET I(n) = j    (j= 0 ou 1)
```

para barras, tipos de barra e tipos de perfil:

```
LET E(b) = j
LET D(b) = j
LET T(b) = j
LET U(b) = j
```

Sinclair ZX81

PERSONAL COMPUTER

DESCRIÇÃO E MODO
DE UTILIZAÇÃO

NOME DO PROGRAMA

"AERI"

PROGRAMA Nº _____

FOLHA Nº _____

10 / 14

para cargas:

LET V(n) = j

LET H(n) = j

e em que:

- X, Y - coordenadas do nó "n"
- I - código de deslocamento do nó "n"
- E, D - extremidades, esquerda e direita da barra "b"
- T - código do tipo da barra "b"
- U - código do perfil da barra "b"
- V - carga vertical no nó "n"
- H - carga horizontal no nó "n"
- n - nó a que se refere o dado a alterar
- b - barra a que se refere o dado a alterar
- j - valor realmente pretendido para o dado a alterar.

- Após todas as correcções proceder ao rearranque do programa mediante CONT, ou preferentemente, com GO TO 650.

Sinclair ZX81

PERSONAL COMPUTER

DESCRIÇÃO E MODO
DE UTILIZAÇÃO

NOME DO PROGRAMA

"AERI"

PROGRAMA Nº _____

FOLHA Nº _____

11/14

6.- COMANDOS ESPECIAIS

O programa pode ser manobrado mediante ordens directas como se indica:

- Repetição integral dos cálculos: GO TO 650
- Pedido de outro caso de carga: GO TO 1000
- Repetição das saídas:

na totalidade:	GO TO 700
características geométricas:	GO TO 800
esforços nas barras (ordenadas):	GO TO 900
esforços nas barras (por tipos):	GO TO 850
nós e cargas:	GO TO 8000
deslocamentos:	GO TO 8050
reacções nos apoios:	GO TO 9000

7.- ERROS PREVISIVEIS

do ter-se usado tratamento matricial é de admitir a ocorrência de erros de truncatura, nos cálculos, como é normal em casos destes.

No entanto, e mercê do método usado, os erros previsíveis são extremamente baixos.

Este programa já foi largamente testado, especialmente junto à sua capacidade máxima (estruturas com mais de trinta nós, ou seja, matrizes grandes, onde os erros de truncatura têm maior incidência). Em situações de estruturas simétricas e com carregamento também simétrico, onde é possível detectar erros relativos na simetria dos esforços e reacções nos apoios, e, ainda, por comparação com estruturas calculadas em programas já consagrados (L.N.E.C. e Time-Sharing), os erros observados não excederam 1%.

8.- CAPACIDADE DE CALCULO

Estruturas com o máximo de 39 nós, usando a RAM de 64K.

Para menores capacidades de RAM, o limite máximo será, naturalmente, inferior ao indicado.

9.- RESPONSABILIDADES

O programa "AERI", como já foi dito, foi elaborado com base em fundamentos consagrados da Mecânica de Materiais e da Matemática e já foi largamente testado não só comparativamente com outros programas de renome, como também em bastantes trabalhos realizados pelos autores.

No entanto, as consequências que possam advir do seu manuseio são da responsabilidade exclusiva do utilizador, não podendo serem imputados aos seus autores quaisquer responsabilidades civis ou criminais.

Os autores

A. FERREIRA/J. COLAREJO

Sinclair
ZX81

PERSONAL COMPUTER

DESCRIÇÃO E MODO
DE UTILIZAÇÃO

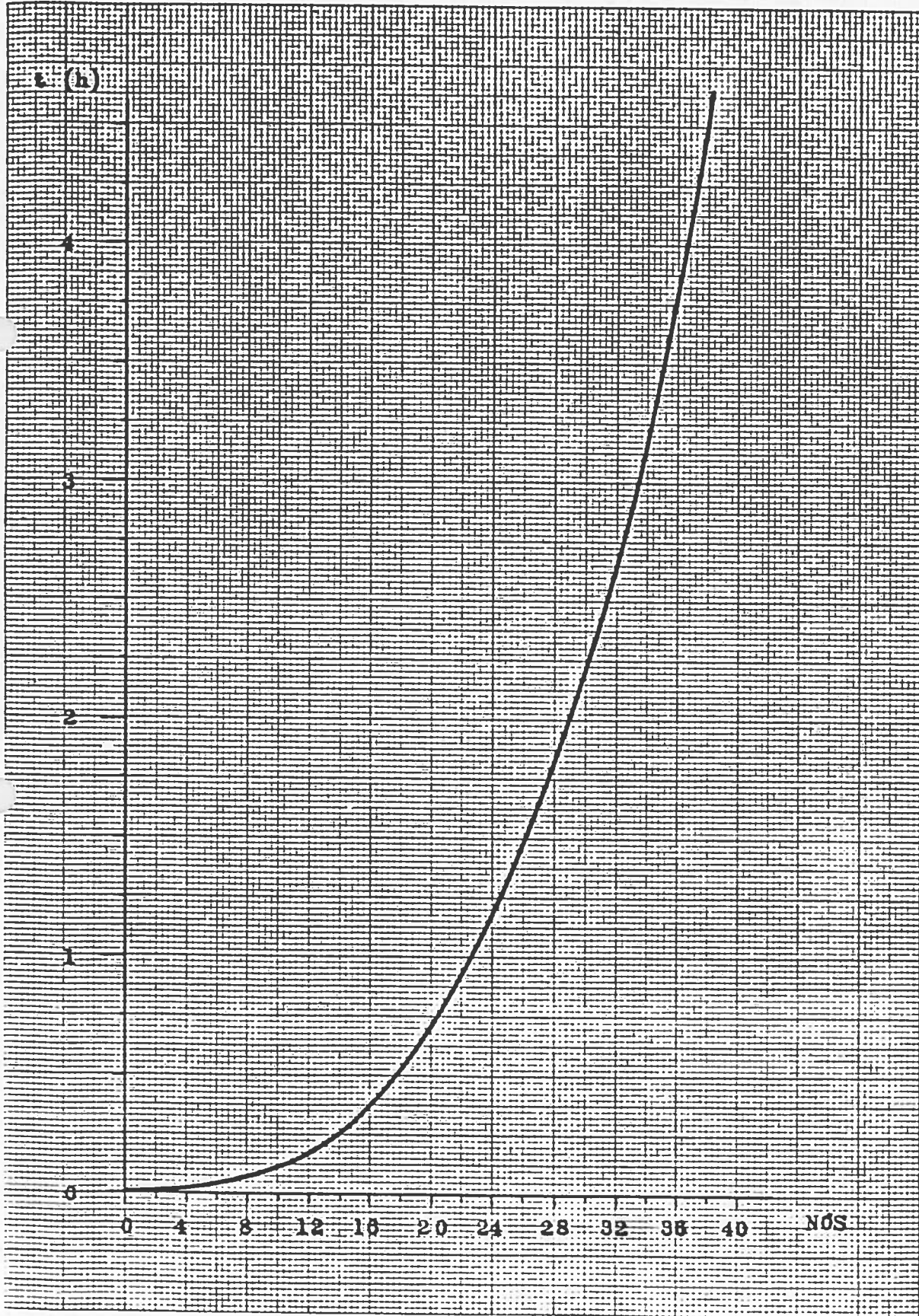
NOME DO PROGRAMA

"AERI.I"

PROGRAMA Nº _____

FOLHA Nº _____

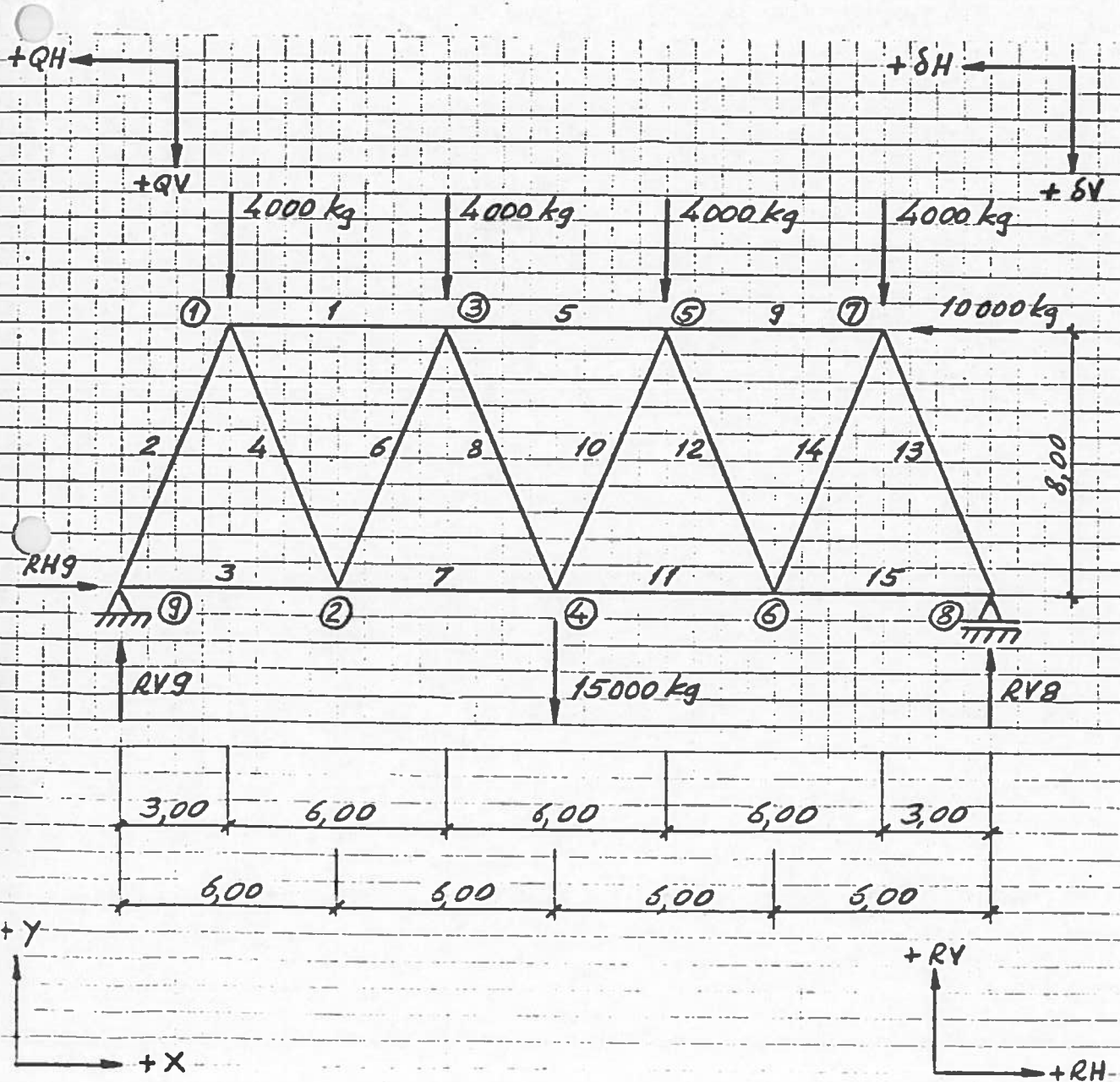
13/14



EXEMPLO DE APLICAÇÃO

TIPOS DE BARRA:

- Longarina superior: tipo 1
- Longarina inferior: tipo 2
- Diagonais: tipo 3



AERI.I

ANALISE DE ESTRUTURAS
RECTICULADAS ISOSTATICAS
(COM IMPRESSAO DIRECTA)

POR
A. FERREIRA/J. COLAREJO
MARCO-ABRIL/82

ORIENTACAO DA REACCAO DO APOIO
MOVEL?

- * V) VERTICAL
- * H) HORIZONTAL

PRETENDE DETERMINACAO DE
DESLOCAMENTOS NOS NOS?

- * S) SIM
- * N) NAO

MODULO DE ELASTICIDADE?
(KG/CM²)

(ACO: 2.1E5 KG/CM²)

E= 2100000

QUANTOS TIPOS DE PERFIL TEM A
ESTRUTURA?

L= 3

TIPOS DE PERFIL E SECCOES (CM²)?

PERFIL	SECCAO
1	33.5
2	18.3
3	11.1

-1

QUANTOS NOS TEM A ESTRUTURA?

N = 9

NUMERO DE NO, COORDENADAS (N) E INDICACAO DE DESLOCAIMENTO (I, II)?

NO	X (N)	Y (N)	DESL.
1	00000000	00000000	00000001
2	00000000	00000000	00000001
3	00000000	00000000	00000001
4	00000000	00000000	00000001
5	00000000	00000000	00000001
6	00000000	00000000	00000001
7	00000000	00000000	00000001
8	00000000	00000000	00000001
9	00000000	00000000	00000001

TOTAL DE BARRAS?

B = 15

QUANTOS TIPOS DE BARRA?

T = 3

EXTREMIDADES (NOS) DAS BARRAS, TIPO E PERFIL DE BARRA?

BARRA	E (B)	D (B)	T (B)	U (B)
1	00000000	00000000	00000000	00000000
2	00000000	00000000	00000000	00000000
3	00000000	00000000	00000000	00000000
4	00000000	00000000	00000000	00000000
5	00000000	00000000	00000000	00000000
6	00000000	00000000	00000000	00000000
7	00000000	00000000	00000000	00000000
8	00000000	00000000	00000000	00000000
9	00000000	00000000	00000000	00000000

y (N)
Desl (N)

NOME DA ESTRUTURA? _____

VIGA _____

NOME DO CASO DE CARGA? _____

C1 _____

DATA DA REALIZACAO DA ANALISE? _____

20.03.83

QUANTOS NOS COM CARGAS? _____

N = 5

QUANTOS NOS COM CARGAS AGRUP. ? _____

N1 = 3

NUMEROS DOS NOS E CARGAS (KG)
(DIFERENTES)? _____

NO	V (N)	H (N)
4	15000	0
7	4000	10000

QUANTOS GRUPOS DE NOS COM CARGAS
IGUAIS? _____

G = 1

GRUPO 1 DE NOS _____

QUANTOS NOS? _____

N = 3

CARGA V (KG)? _____

CV = 4000

CARGA H (KG)? _____

CH = 0

NOS? _____

1 3 5

AGUARDE

**ANALISE DE ESTRUTURAS
RECTICULADAS ISOSTATICAS**

* ANALISE DE ESTRUTURAS *
* RECTICULADAS ISOSTATICAS *

DATA: 20.03.83

ESTRUTURA: VIGA

CASO DE CARGA: C1

TOTAL DE NOS: 9

TOTAL DE BARRAS: 15

TIPOS DE BARRA: 3

TIPOS DE PERFIL: 3

MODULO DE ELAST.: 2100000

20.03.83

VIGA / C1

NOS

COORDENADAS (M) E CARGAS (KG)

NO	X (M)	Y (M)	FV (KG)	FH (KG)
1	0	0	4000	0
2	0	0	0	0
3	12	0	4000	0
4	15	0	15000	0
5	18	0	4000	0
6	21	0	0	0
7	24	0	4000	10000
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0

20.03.83

VIGA / C1

DESLOCAMENTOS (MM)

NO	DESLOC. V.	DESLOC. H.
1	7.69	0.45
2	1.11	1.11
3	23.31	-0.82
4	1.11	1.11
5	8.14	4.94
6	0	-0.2
7	0	0

PRETENDE OBTER IMPRESSAO DE
"CARACTERISTICAS GEOMETRICAS" T

- * S) IM
- * N) AO

ESTRUTURA: VIGA

~~BARRES~~

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

BAR. NOS	COMPR.	COS	SEN
1	1-0	0	1
2	1-0	0.544	0.9363
3	2-0	0	1
4	3-0	0.544	0.9363
5	1-0	0	1
6	2-0	0.544	0.9363
7	2-4	0	1
8	3-4	0.544	0.9363
9	1-0	0	1
10	4-0	0.544	0.9363
11	4-0	0	1
12	5-0	0.544	0.9363
13	4-0	0.544	0.9363
14	6-0	0.544	0.9363
15	0-0	0	1

20.03.83

VIGA / C1

REACCOES NOS APOIOS (KG)

APOIO 8: RV= 12167
APOIO 9: RH= 10000
APOIO 9: RV= 18333

PRETENDE AS BARRAS SEPARADAS
POR TIPOS?

* SIM

* NAO

20.03.83

VIGA / C1

ESFORCOS NORMAIS (KG)

BARRA	ESFORCO
1	-12625
2	-20114
3	-29337
4	15842
5	-22250
6	-15842
7	8158
8	11570
9	-17625
10	4450
11	10688
12	-8722
13	-12994
14	8722
15	4569

AINDA PRETENDE OBTER AS BARRAS SEPARADAS POR TIPOS?

* S) SIM

* N) AO

20.03.83

VIGA / C1

ESFORÇOS NORMAIS (KG)

BARRAS DO TIPO 1

BARRA ESFORÇO

1	-12625
5	-22250
9	-17625

BARRAS DO TIPO 2

BARRA ESFORÇO

3	-2937
7	8168
11	10589
15	4563

BARRAS DO TIPO 3

BARRA ESFORÇO

2	-20114
4	15842
6	-15842
8	11570
10	4450
12	-8722
13	-12994
14	8722

AINDA PRETENDE OBTER AS BARRAS
ORDENADAS?

- * S) SIM
- * N) AO

PRETENDE OUTRO CASO DE CARGA?

- * S) SIM
- * N) AO

***** FIM DA ANALISE *****