

---

---

# *MacEstrut Pro*®

p/ computadores *Apple Macintosh*

**Cálculo de Esforços em Estruturas,  
Dimensionamento e Desenho de Betão Armado**

Programa registado no Ministério da Cultura

*João M. Coutinho Rodrigues*



---

## ÍNDICE

---

CAPITULO 1	Introdução ao Programa	1
1.1	Introdução	2
1.2	Instalação e Considerações Prévias	3
1.2.1	O que Deve Saber	3
1.2.2	Antes de Começar	3
1.2.3	O que Necessita	3
1.2.4	O Conteúdo da Disquete	4
1.2.5	Descrição Geral	4
CAPITULO 2	Aprendizagem	7
2.1	Introdução	8
2.1.1	Definição da Estrutura do Exemplo	8
2.2	Definir Preferências e Opções	11
2.3	Criar a Estrutura	15
2.3.1	Eliminar o Nó 21 e as Barras 5 e 33	21
2.3.2	Alterar Apoio	22
2.3.3	Alterar Secções dos Pilares	23
2.3.4	Alterar Posição do Nó 4	26
2.3.5	Visualizar Dados já Introduzidos	26
2.3.6	Guardar a Estrutura	28
2.4	Definir Acções e Combinações	30
2.4.1	Definir as Acções	30
2.4.1.1	Introdução de Dados	30
2.4.1.2	Visualização das Acções	35
2.4.2	Cálculo da Acção Sísmica	36
2.4.3	Definir as Combinações	40
2.4.3.1	Introdução de Dados	40
2.4.3.2	Visualizar Combinações	41
2.4.3.3	Visualizar Disposições Regulamentares	42
2.5	Cálculo de Deslocamentos e Esforços	43
2.5.1	Cálculo	43
2.5.2	Visualização de Resultados	44
2.5.2.1	Diagramas de Esforços	45
2.5.2.2	Esquemas com Deformadas	46
2.5.2.3	Esquemas com Envoltentes de Esforços	47
2.5.2.4	Memória com Cálculos	49
2.6	Dimensionamento do Betão Armado	51
2.6.1	Cálculo e Visualização de Áreas de Aço	51
2.6.2	Pesquisa de Soluções Alternativas	56
2.7	O Desenho do Betão Armado	58

---

## ÍNDICE

---

- 2.8 Cargas Concentradas e Consolas 63
  - 2.8.1 Conceitos Gerais 63
  - 2.8.2 Exemplo 65
- 2.9 Vigas Contínuas 67
- 2.10 Lajes, Sapatas e Muros de Suporte 68
  - 2.10.1 Considerações Gerais 68
  - 2.10.2 Lajes Aligeiradas 68
  - 2.10.3 Escadas 72
  - 2.10.4 Sapatas 73
  - 2.10.5 Muros de Suporte 75
- 2.11 Outros Comandos para Cálculo de Betão Armado 79
- 2.12 Cruzamento de Pórticos 81
  - 2.12.1 Princípios do método usado 81
  - 2.12.2 Exemplificação 81
- 2.13 Cálculo da Acção do Vento 88
- 2.14 Desprezar o Peso Próprio das Barras 90
- 2.15 Alinhar Nós 91

## CAPITULO 3

### Referência 95

- 3.1 Os Menus e Comandos do Programa 96
  - 3.1.1 Menu da Maçã 96
    - 3.1.1.1 Acerca do Programa 96
    - 3.1.1.2 Memória Disponível 96
  - 3.1.2 Menu Ficheiro 96
    - 3.1.2.1 Nova Estrutura... 96
    - 3.1.2.2 Novo Texto 97
    - 3.1.2.3 Abrir... 97
    - 3.1.2.4 Fechar Estrutura 98
    - 3.1.2.5 Fechar Janela 98
    - 3.1.2.6 Guardar Estrutura 98
    - 3.1.2.7 Guardar Estrutura Como... 98
    - 3.1.2.8 Guardar 98
    - 3.1.2.9 Guardar Como... 98
    - 3.1.2.10 Definir Página... 98
    - 3.1.2.11 Imprimir 98
    - 3.1.2.12 Recuperar 98
    - 3.1.2.13 Sair 98
  - 3.1.3 Menu Edição 99
  - 3.1.4 Menu Dados 100
    - 3.1.4.1 Combinações... 100
    - 3.1.4.2 Criar 100
      - 3.1.4.2.1 (Criar) Nó... 101

---

## ÍNDICE

---

- 3.1.4.2.2 (Criar) Barra... 101
- 3.1.4.3 Eliminar 102
  - 3.1.4.3.1 (Eliminar) Nó... 103
  - 3.1.4.3.2 (Eliminar) Barra... 103
  - 3.1.4.3.3 (Eliminar) Acção... 104
- 3.1.4.4 Seleccionar 104
  - 3.1.4.4.1 (Seleccionar) Nós 104
  - 3.1.4.4.2 (Seleccionar) Barras 104
  - 3.1.4.4.3 (Seleccionar) Barras Vert 105
  - 3.1.4.4.4 (Seleccionar) Barras Horiz 105
- 3.1.4.5 Editar 105
  - 3.1.4.5.1 (Editar) Nó 105
  - 3.1.4.5.2 (Editar) Barra 105
- 3.1.4.6 Deslocar Nós... 105
- 3.1.4.7 Alinhar Nós... 106
- 3.1.4.8 Dividir Barra... 107
- 3.1.4.9 Cruzar Pórticos... 107
- 3.1.4.10 Criar Texto c/ Dados... 107
- 3.1.4.11 Janela Esquema da Estrutura 108
- 3.1.4.12 Fechar Janelas s/ Guardar 108
- 3.1.4.13 Escala... 108
- 3.1.4.14 Preferências... 108
- 3.1.5 Menu Cálculo 109
  - 3.1.5.1 Esforços 109
  - 3.1.5.2 Combinações RSAEP 110
  - 3.1.5.3 Sobrecargas RSAEP 111
  - 3.1.5.4 Rectângulo Equivalente... 111
  - 3.1.5.5 Zonas Sísmicas 111
  - 3.1.5.6 Cálculo de Acções Sísmicas 111
  - 3.1.5.7 Cálculo de Vento... 111
- 3.1.6 Menu Esquemas 111
  - 3.1.6.1 Coordenadas dos Nós 112
  - 3.1.6.2 Factores Rigidez Flexão EI/L 112
  - 3.1.6.3 Dimensões Estr. e Secções 112
  - 3.1.6.4 Diagrama de Acção 112
  - 3.1.6.5 Diagrama de Combinação 113
  - 3.1.6.6 Diagrama Esf. Axial, Diagrama Esf. Transverso, Diagrama Mom. Flector 113
  - 3.1.6.7 Reacções 115
  - 3.1.6.8 Deformada Global 115
  - 3.1.6.9 Deformada Barra 116
  - 3.1.6.10 Translações dos Nós 117
  - 3.1.6.11 Rotações dos Nós 117
  - 3.1.6.12 Planta de Estrutura 117
- 3.1.7 Menu Envolventes 117
  - 3.1.7.1 Env de Env TODAS as Barras 118
  - 3.1.7.2 Env de Env CONJUNTO 118
  - 3.1.7.3 Env de BARRA 118
- 3.1.8 Menu Betão Armado 118
  - 3.1.8.1 Calcular Cada Barra... 120
  - 3.1.8.2 Calcular Seleccionado... 120
  - 3.1.8.3 Cálculo Agrupado... 120
  - 3.1.8.4 Desenhar Barras... 121
  - 3.1.8.5 Laje Aligeirada... 121
  - 3.1.8.6 Escada... 121

---

## ÍNDICE

---

3.1.8.7	Sapata (Quadrada, Homotética)	121
3.1.8.8	Muro de Suporte...	121
3.1.8.9	Flexão Simples..., Flexão Composta..., Torção...	122
3.1.8.10	Aço -> Ø...	122
3.1.8.11	Tabela de Varões	122
3.2	Criação de uma Estrutura	123
3.2.1	Os Dados da Estrutura	123
3.2.2	Definição e Alteração de uma Estrutura	123
3.3	Referenciais	125
3.3.1	Generalidades	125
3.3.2	Sistema de Eixos Geral	125
3.3.3	Sistema de Eixos Local	126
3.4	Unidades	127
3.5	As Acções	127
3.5.1	Generalidades	127
3.5.2	Convenção de Sinais p/ Acções Concentradas	127
3.5.3	Convenção de Sinais p/ Acções Distribuídas	127
3.6	Cálculo dos Deslocamentos e dos Esforços	128
3.6.1	Generalidades	128
3.6.2	Convenção de Sinais p/ Esforços	129
3.7	Dimensionamento de Betão Armado	130

---

## Índice de Figuras

---

FIGURA 1	Representação parcial do teclado e o nome de algumas teclas	3
FIGURA 2	Características Geométricas da Estrutura	9
FIGURA 3	Acção permanentes exteriores (acção 2)	9
FIGURA 4	Sobrecargas (acção 3)	10
FIGURA 5	O comando opções	11
FIGURA 6	O diálogo Formato Ficheiros c/ Resultados	11
FIGURA 7	O comando Preferências	12
FIGURA 8	O diálogo Preferências	12
FIGURA 9	O diálogo Preferências alterado	14
FIGURA 10	O comando Nova Estrutura...	15
FIGURA 11	Diálogo para criar nova estrutura	15
FIGURA 12	Diálogo para criação de nova estrutura, após introdução dos dados	17
FIGURA 13	Dimensões iniciais geradas pelo programa	18
FIGURA 14	Dimensões iniciais geradas pelo programa	19
FIGURA 15	O diálogo perguntando se pretende guardar as alterações	20
FIGURA 16	O diálogo pedindo confirmação para eliminar o nó	21
FIGURA 17	O diálogo Eliminar Nó	22
FIGURA 18	O diálogo para alterar um nó	22
FIGURA 19	O diálogo para alterar um nó, sem rotação restringida	23
FIGURA 20	O diálogo para alterar uma barra	24
FIGURA 21	Zona inferior da figura editável c/ barras 1, 6, 11 e 16 seleccionadas	24
FIGURA 22	Diálogo para alterar as barras 5 e 10 em simultâneo	25
FIGURA 23	Diálogo com as secções das barras 5 e 10	25
FIGURA 24	Deslocar um nó com o rato e mantendo premida a tecla “Option”	26
FIGURA 25	Janela com o esquema final da estrutura	27
FIGURA 26	Janela com as dimensões da estrutura	27
FIGURA 27	O menu Esquemas	28
FIGURA 28	O comando Guardar Estrutura	29
FIGURA 29	Diálogo para guardar a estrutura em ficheiro	29
FIGURA 30	Zona inferior da estrutura com as barras 20, 21 e 22 seleccionadas	31
FIGURA 31	Diálogo para alterar as barras 20, 21 e 22 em simultâneo	31
FIGURA 32	Diálogo p/ alterar, em simultâneo, as acções nas barras 20, 21 e 22	32
FIGURA 33	Diálogo com as acções nas barras 20, 21 e 22 já introduzidas	33
FIGURA 34	Zona inferior da estrutura com os nós 5, 6, 7 e 8 seleccionados	33
FIGURA 35	Diálogo para editar atributos de nós	34
FIGURA 36	Diálogo para alterar acções nos nós 5, 6, 7, e 8 em simultâneo	34
FIGURA 37	O comando Diagrama de Acção	35

---

## Índice de Figuras

---

FIGURA 38	O comando Diagrama de Acção - acção 3	35
FIGURA 39	Janela com a representação gráfica da acção 3	36
FIGURA 40	Comando para cálculo de acção sísmica	36
FIGURA 41	Diálogo Cálculo Sismos	37
FIGURA 42	Alerta indicando que acção 3 já existe	37
FIGURA 43	Diálogo Parâmetros para Sismos	38
FIGURA 44	Janela com resultado do cálculo das acções sísmicas	38
FIGURA 45	Zonas Sísmicas	39
FIGURA 46	Concelhos por zonas sísmicas	39
FIGURA 47	Valores dos coeficientes de sismicidade por zonas	40
FIGURA 48	O comando Combinações...	40
FIGURA 49	Diálogo para definir as Combinações de Acções	41
FIGURA 50	O comando Diagrama de Combinação - escolha da Combinação 3	41
FIGURA 51	Combinações RSAEP	42
FIGURA 52	O comando para cálculo dos esforços	43
FIGURA 53	Comando p/ cálculo dos esforços (c/ deformabilidade axial parcial)	43
FIGURA 54	Diálogo mostrando o tempo gasto no cálculo dos esforços	43
FIGURA 55	Diálogo p/ guardar em ficheiro resultados do cálculo dos esforços	44
FIGURA 56	O comando Diagrama de Mom. Flector para a combinação 3	45
FIGURA 57	Janela com a representação gráfica do Diagrama de Mom. Flector	45
FIGURA 58	Janela com representação gráfica da Deformada (Combinação 1)	46
FIGURA 59	Representação gráfica da Deformada da Barra 25 (Combinação 1)	47
FIGURA 60	O menu Envolventes	47
FIGURA 61	O comando Envolventes de Envolventes de um Conjunto de barras	48
FIGURA 62	Envolventes de Envolventes das Barras 21, 24 e 27	48
FIGURA 63	O comando Envolventes dos Esforços de uma Barra	48
FIGURA 64	Representação gráfica das Envolventes de Esforços da Barra 28	49
FIGURA 65	Diálogo permitindo abrir ficheiro de texto com resultados	49
FIGURA 66	O menu Betão Armado (nenhuma barra seleccionada)	51
FIGURA 67	O menu Betão Armado (várias barras seleccionadas)	52
FIGURA 68	Diálogo p/ definir parâmetros para cálculo do betão armado	53
FIGURA 69	Guardar em ficheiro resultados do cálculo do betão armado	53
FIGURA 70	Diálogo mostrando o tempo gasto no cálculo do betão armado	54
FIGURA 71	Janela c/ representação gráfica das áreas das armaduras calculadas	54
FIGURA 72	Diálogo anterior após imposição de secção comum para as barras	55
FIGURA 73	Representação gráfica das áreas das armaduras para B25/A400	56
FIGURA 74	Estrutura com as barras 20, 21 e 22 seleccionadas	58

---

## Índice de Figuras

---

FIGURA 75	Diálogo para desenhar barras seleccionadas	59
FIGURA 76	Desenho das barras 20, 21 e 22	60
FIGURA 77	Desenho do pórtico completo (vista parcial)	61
FIGURA 78	Diálogo para introduzir número da barra a dividir	63
FIGURA 79	Diálogo p/ indicar em quantas partes se pretende dividir uma barra	64
FIGURA 80	Estrutura do exemplo - 1ª aproximação	65
FIGURA 81	Estrutura do exemplo com objectos a eliminar seleccionados	66
FIGURA 82	Estrutura do exemplo na configuração final	66
FIGURA 83	Diálogo para criar viga contínua	67
FIGURA 84	Janela com viga contínua	67
FIGURA 85	Diálogo para dimensionamento de laje aligeirada	69
FIGURA 86	Laje aligeirada com espessura restringida	70
FIGURA 87	Laje aligeirada c/ flecha máxima excessiva (flecha não restringida)	70
FIGURA 88	Diálogo para cálculo de laje com a flecha restringida	71
FIGURA 89	Aplicar reacções de laje aligeirada sobre vigas de estrutura	72
FIGURA 90	Diálogo para dimensionar escada	73
FIGURA 91	Diálogo para dimensionar sapata quadrada	74
FIGURA 92	Diálogo para dimensionar sapata homotética	74
FIGURA 93	Diálogo para escolher parâmetros p/ betão armado de sapata	75
FIGURA 94	Janela com desenho de sapata	75
FIGURA 95	Diálogo com muro de suporte calculado	76
FIGURA 96	Especificar parâmetros p/ desenho de betão armado do muro	77
FIGURA 97	Desenho de betão armado de muro	77
FIGURA 98	Dimensionamento muro - não é verificada a segurança	78
FIGURA 99	Materialização de área de aço em varões de Ø comercial	79
FIGURA 100	Estrutura em estudo com barras seleccionadas	82
FIGURA 101	O comando Cruzar Pórticos... do menu Dados	82
FIGURA 102	Diálogo para seleccionar estrutura perpendicular	83
FIGURA 103	Diálogo para definir correspondência entre barras a cruzar	83
FIGURA 104	Diálogo para definir correspondência entre combinações	84
FIGURA 105	Estrutura com barras cruzadas devidamente assinaladas	85
FIGURA 106	Diálogo da barra	86
FIGURA 107	Diálogo com esforços importados do plano perpendicular	86
FIGURA 108	O comando Eliminar Cruzamento... do menu Dados	87
FIGURA 109	Estruturas com barras seleccionadas	88
FIGURA 110	O comando Cálculo de Vento	88
FIGURA 111	Diálogo para cálculo da acção do vento	89

---

## Índice de Figuras

---

- FIGURA 112 Janela com resultado do cálculo da acção do vento sobre o pórtico 89
- FIGURA 113 O comando Eliminar -> Peso próprio, no menu Dados 90
- FIGURA 114 O comando **Alinhar Nós**, no menu **Dados** 91
- FIGURA 115 Diálogo para definir tipo de alinhamento 91
- FIGURA 116 Esquema estrutural com nós a alinhar 92
- FIGURA 117 Estrutura com nós a alinhar seleccionados 92
- FIGURA 118 Diálogo para alinhar nós seleccionados 93
- FIGURA 119 Nós alinhados, depois de deslocados apenas na vertical 93
- FIGURA 120 Nós alinhados e equidistantes 93
- FIGURA 121 O menu da Maçã 96
- FIGURA 122 O menu Ficheiro 96
- FIGURA 123 Diálogo para criação de uma nova estrutura 97
- FIGURA 124 Diálogo para abrir um documento 97
- FIGURA 125 O menu Edição 99
- FIGURA 126 Diálogo para definir os formatos dos ficheiros (textos e figuras) 99
- FIGURA 127 O menu Dados 100
- FIGURA 128 Diálogo para definir as Combinações das Acções 100
- FIGURA 129 Criar (Nó..., Barra...) 101
- FIGURA 130 Diálogo para definir os dados de um novo Nó 101
- FIGURA 131 Diálogo para definir os dados de uma nova Barra 102
- FIGURA 132 O comando Eliminar 102
- FIGURA 133 Diálogo permitindo eliminar um Nó 103
- FIGURA 134 Diálogo permitindo eliminar uma Barra 103
- FIGURA 135 Diálogo p/ confirmação antes de eliminar objectos seleccionados 104
- FIGURA 136 O comando Seleccionar 104
- FIGURA 137 Diálogo permitindo deslocar em simultâneo um grupo de Nós 106
- FIGURA 138 Diálogo avisando que não há qualquer Nó seleccionado 106
- FIGURA 139 Diálogo para definir tipo de alinhamento 107
- FIGURA 140 Diálogo para selecção dos dados a escrever em ficheiro 107
- FIGURA 141 Comando Fechar Janelas s/ Guardar activo 108
- FIGURA 142 Diálogo para alterar escala dos esquemas da estrutura 108
- FIGURA 143 Diálogo para definir as Preferências 109
- FIGURA 144 O comando para Cálculo dos Esforços 109
- FIGURA 145 O comando para Cálculo dos Esforços 110
- FIGURA 146 Diálogo apresentando o tempo gasto no cálculo dos esforços 110
- FIGURA 147 Diálogo p/ guardar em ficheiro resultados do cálculo de esforços 110
- FIGURA 148 Comandos para cálculo de acções sísmicas 111

---

## Índice de Figuras

---

- FIGURA 149 O menu Esquemas 112
- FIGURA 150 O comando Diagrama de Acção 113
- FIGURA 151 O comando Diagrama de Combinação 113
- FIGURA 152 O comando Diagrama de Esforço Axial 114
- FIGURA 153 O comando Diagrama de Esforço Transverso 114
- FIGURA 154 O comando Diagrama de Momento Flector 114
- FIGURA 155 O comando Reacções 115
- FIGURA 156 O comando Deformada Global 116
- FIGURA 157 O comando Deformada de uma Barra 116
- FIGURA 158 Diálogo para Planta de Estrutura 117
- FIGURA 159 O menu Envolv 118
- FIGURA 160 O menu Betão Armado 118
- FIGURA 161 Diálogo p/ definir parâmetros p/ o cálculo do betão armado 119
- FIGURA 162 Aviso: as barras a calcular não têm a mesma secção 120
- FIGURA 163 Diálogo anterior após imposição de secção comum p/ as barras 120
- FIGURA 164 Sistema de eixos gerais da estrutura 125
- FIGURA 165 Sistema de eixos local de uma Barra 126
- FIGURA 166 Carga p positiva numa Barra 128
- FIGURA 167  $N$  positivo 129
- FIGURA 168  $V$  positivo 129
- FIGURA 169  $M$  positivo 129
- FIGURA 170 Situações de erro detectadas durante o cálculo das armaduras 130

---

## Índice de Figuras

---

---

Este manual está basicamente organizado em três partes. Esta é a primeira e é constituída por uma introdução geral ao programa. A segunda parte destina-se a guiar a aprendizagem através da utilização de um exemplo - aí o utilizador poderá aprender a criar uma estrutura, definindo a sua geometria, as acções e as combinações de acções; depois verá como são calculados os deslocamentos e os esforços, como poderá visualizar graficamente esses resultados e efectuar o dimensionamento do betão armado. Na terceira parte é apresentada uma descrição sistemática, em parte organizada por menus, de todas as características do programa.

## 1.1 Introdução

---

O programa permite determinar as deformações e os esforços em estruturas reticuladas planas carregadas no próprio plano, supondo o comportamento elástico e linear dos materiais e admitindo como válida a hipótese dos pequenos deslocamentos e efectua o dimensionamento do betão armado de acordo com o REBAP. Utiliza o método dos elementos finitos adaptado a estruturas planas formadas por peças prismáticas (peças em que uma das dimensões é muito maior que as outras duas, sendo estas da mesma ordem de grandeza), de secção constante.

Esta versão do programa está orientada para a resolução dos casos mais correntes de estruturas, tendo sido dada especial importância ao desenvolvimento de um interface com o utilizador altamente “amigável”, permitindo uma fácil utilização e um tempo de aprendizagem quase nulo. Todos os diálogos estão dotados de sistemas de protecção que evitam a entrada de dados incompatíveis ou incorrectos.

Mais do que proporcionar apenas um meio eficaz de efectuar cálculos rápidos, este programa pretende constituir um sistema de apoio em problemas de cálculo e dimensionamento de estruturas, permitindo que mesmo utilizadores menos familiarizados com sistemas informáticos possam gerar e facilmente comparar soluções alternativas, através de representações gráficas de dados e resultados.

## 1.2 Instalação e Considerações Prévias

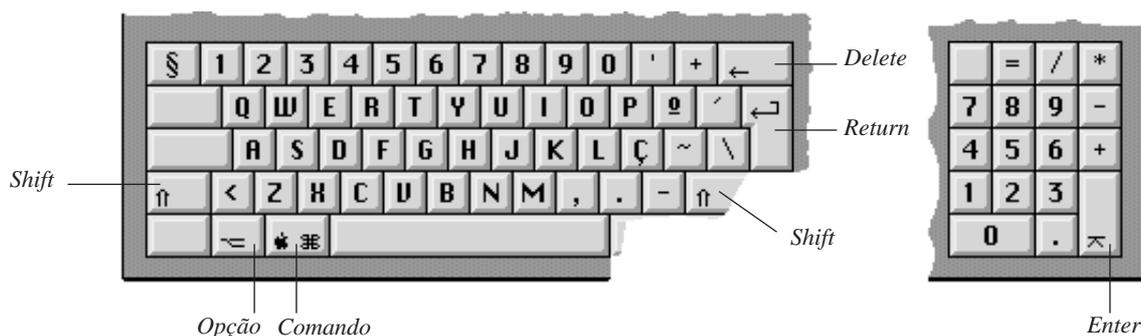
---

### 1.2.1 O que Deve Saber

O utilizador deve estar minimamente familiarizado com a utilização do computador Macintosh: utilização do rato (deslocar o cursor com o rato, premir o botão para seleccionar objectos, etc.); lançamento de uma aplicação; utilização de menus; abrir, fechar e deslocar janelas; seleccionar objectos; criar novas pastas; copiar ou deslocar documentos de uma pasta para outra; copiar o conteúdo de uma disquete para outra ou para o disco rígido. É também importante saber a localização de algumas teclas especiais que serão referidas no texto sempre que oportuno e que, por isso, se apresentam destacadas na figura seguinte:

FIGURA 1

Representação parcial do teclado e o nome de algumas teclas



### 1.2.2 Antes de Começar

Proceda à instalação do programa no disco rígido de acordo com as respectivas instruções específicas que acompanham este produto.

### 1.2.3 O que Necessita

Para funcionar, o programa requer qualquer modelo *Macintosh* (com microprocessador 68020, ou superior) ou *PowerMacintosh* sendo recomendado pelo menos 4 MBytes de memória RAM (12 MBytes no caso de usar o sistema 8). Embora não essencial, é altamente recomendável nas máquinas com microprocessador inferior ao 68040, o co-processador aritmético. Um monitor policromático proporcionará a visualização dos gráficos a cores. Deverá ser usada uma versão de Sistema não inferior à 6.0.2.

#### 1.2.4 O Conteúdo da Disquete

Na disquete, para além do programa, poderá encontrar uma pasta contendo o exemplo de uma estrutura constituída por um pórtico de 5 andares e um Init.

Na pasta do exemplo encontra-se o ficheiro contendo uma estrutura que só pode ser aberto com *MacEstrut*. O programa permite criar ficheiros de texto quer com o seu formato, identificados pelo ícone próprio, quer com os formatos de diversos processadores (*Edit*, *MacWrite*, *Word*).

O programa permite também criar figuras com os formatos de diversos programas (*MacDraw*, *SuperPaint*, *Claris CAD*).

#### 1.2.5 Descrição Geral

O programa permite criar e modificar uma estrutura de um modo fácil, baseando-se fortemente em representações gráficas. De um modo geral todos os dados e resultados podem ser representados sob a forma gráfica, facilitando ao utilizador a sua visualização ou comparação. Mas também permite guardar dados e resultados sob a forma tradicional de textos. Assim, o programa permite trabalhar com três tipos diferentes de ficheiros: estruturas, textos e figuras. Cada tipo de ficheiro criado pelo programa tem um ícone próprio permitindo a sua fácil identificação. Um ficheiro tipo “estrutura” contém dados com a definição de uma estrutura, podendo também conter resultados (em termos de deslocamentos e esforços) se a estrutura for guardada após serem calculados os esforços. Um ficheiro tipo “texto” pode conter quer dados (definição geométrica e cargas em termos de acções e combinações) e resultados (esforços e deslocamentos), quer cálculos de betão armado de uma estrutura, num formato que pode ser directamente impresso ou incluído numa memória descritiva. Um ficheiro tipo “gráfico” contém uma figura criada pelo programa com um esquema geométrico de uma estrutura, um gráfico com uma acção ou uma combinação de acções, um diagrama de esforços, uma deformada, um diagrama de armaduras, um desenho com os pormenores de peças em betão armado, etc. Essas figuras podem ser directamente impressas. Em qualquer momento apenas se pode ter um ficheiro tipo “estrutura” aberto, isto é, apenas se pode estar a trabalhar com uma única estrutura, mas, mesmo em simultâneo com ela, podem estar abertos diversos textos e/ou figuras (mesmo referentes a outras estruturas). Quando existem várias janelas abertas em simultâneo, poderá deslocar qualquer janela para uma nova posição sem a tornar activa, bastando para tal usar o procedimento habitual (premir e manter premida a tecla de

**Comando**, premir e manter premido o botão do rato com o cursor posicionado sobre qualquer ponto da barra de títulos da janela a mover e deslocar para o novo local onde pretende posicionar a janela).

A criação de uma nova estrutura é efectuada a partir de uma rede de configuração regular que depois pode ser facilmente alterada. O utilizador não tem à partida de se preocupar em determinar as coordenadas dos nós nem em numerar os nós e as barras - o programa fá-lo-á automaticamente. Toda a introdução de dados é efectuada através de diálogos, podendo o utilizador interromper o trabalho em qualquer ocasião, guardar os dados já introduzidos (eventualmente desligar o computador) e continuar a introdução ou alteração de dados mais tarde. Todo o processo de introdução de dados se encontra altamente simplificado devido ao interface utilizado. Por exemplo, havendo um conjunto de barras todas com a mesma secção e/ou a mesma carga, isso pode ser definido de uma só vez para todas, seleccionando o conjunto de barras em questão e visualizando o diálogo que permite introduzir os dados para o conjunto seleccionado. Em qualquer altura se podem introduzir alterações a uma estrutura já definida e, mesmo sem perder os antigos dados, proceder a cálculos com configurações alternativas e compará-las directamente no écran através de representações gráficas. Nos equipamentos com monitor policromático poderão ser visualizadas a cores estas representações.

---

## Introdução ao Programa

---

---

Nesta parte do manual é efectuada uma visita guiada ao programa, sendo para tal usada, como exemplo, uma estrutura porticada. As dimensões e cargas consideradas têm mera finalidade ilustrativa, servindo de base para descrever neste capítulo o modo de operar com o programa e as capacidades do interface homem-máquina.

## 2.1 Introdução

---

### 2.1.1 Definição da Estrutura do Exemplo

O exemplo é constituído por uma estrutura hipotética cujas características geométricas (dimensões dos vãos e das secções) se descrevem seguidamente e se representam na figura 2.

3 vãos com os seguintes comprimentos:

1º vão - 5.00 *m*

2º vão - 5.80 *m*

3º vão - 4.95 *m*

5 andares com as seguintes alturas:

1º andar - 3.00 *m*

2º andar - 3.20 *m*

3º andar - 2.90 *m*

4º andar - 2.90 *m*

5º andar - 2.90 *m*

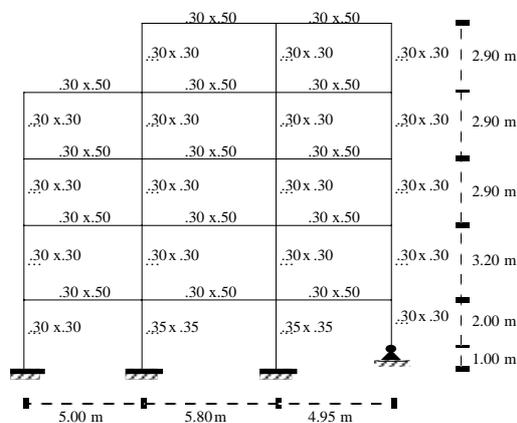
Os pilares são encastrados na base excepto o situado mais à direita onde existe um apoio duplo. Têm a secção<sup>1</sup> de 0.30x0.30*m* excepto para o caso dos pilares centrais do 1º andar, com 0.35x0.35*m*. As vigas têm 0.30x0.50*m*. O módulo de Young do material vale 27.5 *GPa* em todas as barras.

---

<sup>1</sup>. as secções são dadas em largura x altura

FIGURA 2

Características Geométricas da Estrutura



Quanto às cargas da estrutura, vamos considerar a existência de quatro acções e de três combinações. A acção 1 corresponde ao peso próprio das barras da estrutura e será automaticamente calculada e considerada pelo programa em função das dimensões das respectivas secções. As acções 2 (permanentes exteriores) e 3 (sobrecargas) são constituídas por forças uniformemente distribuídas, orientadas de cima para baixo; a acção 4 é constituída por acções sísmicas (forças concentradas), a calcular pelo programa, sendo, portanto, desconhecida nesta altura. As acções conhecidas são representadas, em valores característicos, nas figuras seguintes.

FIGURA 3

Acção permanentes exteriores (acção 2)

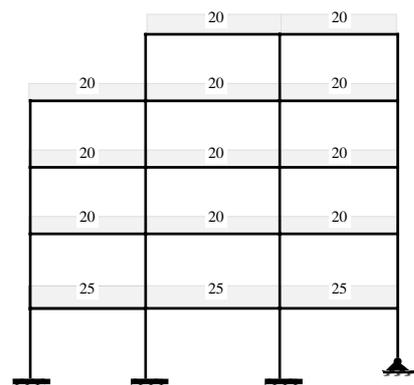
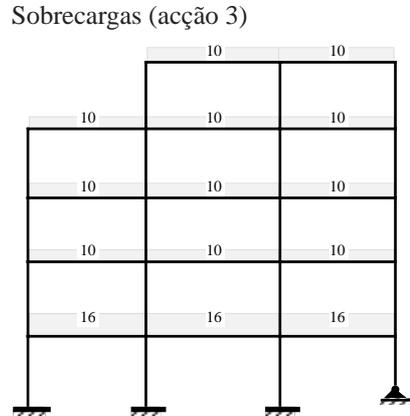


FIGURA 4



As três combinações a considerar serão as seguintes:

- i) Combinação 1 ->  $1.35 \times \text{'permanentes'} + 1.5 \times \text{'sobrecarga'}$
- ii) Combinação 2 ->  $1.0 \times \text{'permanentes'} + 0.2 \times \text{'sobrecarga'} + 1.5 \times \text{'acção sísmica'}$
- iii) Combinação 3 ->  $1.0 \times \text{'permanentes'} + 0.2 \times \text{'sobrecarga'} - 1.5 \times \text{'acção sísmica'}$

As acções designadas por 'permanentes' englobam aqui o peso próprio das barras e as permanentes exteriores (acção 1 e acção 2, respectivamente). Antes de prosseguir salienta-se que deve ser usado um sistema de unidades coerente, aconselhando-se o sistema de unidades internacional, pelo que, especialmente se na estrutura se pretende fazer o dimensionamento orgânico do betão armado com o programa, devem ser usadas as seguintes unidades básicas:

- i) comprimento -  $m$ .
- ii) forças -  $N$  ( $kN$  para as acções, sendo  $1kN=1000N$ )
- iii) pressão -  $Pa$  ( $MPa$  para tensões, sendo  $1MPa=10^6Pa$ ;  $GPa$  para o módulo de elasticidade, sendo  $1GPa=10^9Pa$ )

A seguir descreve-se o modo de utilizar o programa com base no tratamento do exemplo descrito. Depois de instalar o programa no disco rígido do computador de acordo com as instruções de instalação fornecidas, deverá em primeiro lugar abri-lo a partir do *Finder* (posicionado o cursor sobre o ícone do programa e pressionando o botão do ratos duas vezes em sucessão rápida).

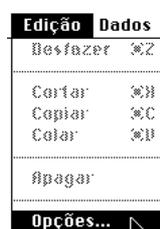
## 2.2 Definir Preferências e Opções

---

No processo de criação de uma nova estrutura que a seguir se explicará, vai haver um certo conjunto de dados que serão inicializados automaticamente. Mas isso deverá ser feito de acordo com certas preferências do utilizador. Assim, antes de criar a estrutura do exemplo propriamente dita, deverão ser fornecidas ao programa as preferências e opções do utilizador. As opções dizem respeito ao formato de ficheiros com dados/resultados que pretenda criar. Esses ficheiros são basicamente de dois tipos: textos e figuras. Poderá abri-los e, por exemplo, imprimi-los com o programa. Mas poderá pretender fazê-lo antes com outros programas específicos para tratamento de texto ou de desenhos. Assim, poderá optar por criar com o programa ficheiros de dados/resultados que depois possa abrir com o seu processador de texto preferido ou com o programa de desenho que habitualmente usa. Para tal ser possível, escolha o comando **Opções**, no menu **Edição**.

FIGURA 5

O comando opções



Visualizará um diálogo onde bastará seleccionar a opção correspondente para os textos e para os desenhos (premindo o botão do rato com o cursor posicionado sobre a opção seleccionada):

FIGURA 6

O diálogo Formato Ficheiros c/ Resultados



Se, por exemplo, pretender criar textos para abrir futuramente com o *Word* e figuras para abrir com o *MacDraw*, bastará seleccionar as respectivas opções<sup>2</sup>.

Para definir as preferências escolha o comando com este nome, no menu **Dados**.

---

FIGURA 7

O comando Preferências

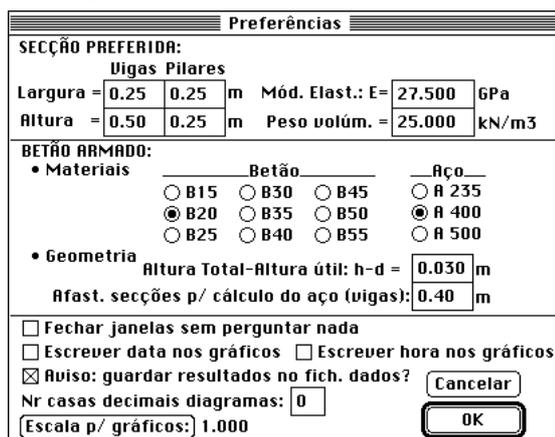


Visualizará o diálogo:

---

FIGURA 8

O diálogo Preferências

A screenshot of a dialog box titled 'Preferências'. It is divided into several sections. The first section is 'SECÇÃO PREFERIDA: Vigas Pilares', with input fields for 'Largura' (0.25, 0.25 m) and 'Altura' (0.50, 0.25 m), and fields for 'Mód. Elast.: E=' (27.500 GPa) and 'Peso volúm.' (25.000 kN/m3). The second section is 'BETÃO ARMADO: Materiais', with radio buttons for 'Betão' (B15, B20, B25, B30, B35, B40, B45, B50, B55) and 'Aço' (A 235, A 400, A 500). The 'B20' and 'A 400' options are selected. The third section is 'Geometria', with 'Altura Total-Altura útil: h-d =' (0.030 m) and 'Afast. secções p/ cálculo do aço (vigas):' (0.40 m). The fourth section contains checkboxes: 'Fechar janelas sem perguntar nada', 'Escrever data nos gráficos', and 'Escrever hora nos gráficos'. The 'Aviso: guardar resultados no fich. dados?' checkbox is checked. At the bottom, there are input fields for 'Nr casas decimais diagramas:' (0) and 'Escala p/ gráficos:' (1.000), and 'Cancelar' and 'OK' buttons.

---

<sup>2</sup>. Se o seu editor de texto (programa de desenho) não é nenhum dos que estão previstos no diálogo as Opções, poderá mesmo assim abrir os textos (desenhos) criados. Para tal deverá abrir primeiro o editor de texto (programa de desenho) que usa e depois abrir o texto (desenho) de dentro desse programa.

São apresentadas as dimensões  $0.25 \times 0.50m$  e  $0.25 \times 0.25m$ . Estes valores serão os usados por defeito para inicializar as dimensões de, respectivamente, todas as vigas e pilares ao criar a estrutura. Mas nesta nem sequer existe qualquer barra com estas dimensões. As dimensões das vigas no nosso exemplo é de  $0.30 \times 0.50m$ . Quanto aos pilares, eles têm as secções de  $0.30 \times 0.30m$  e de  $0.35 \times 0.35m$ . Como existe um maior número de pilares com  $0.30 \times 0.30m$ , vamos optar por este valor. Poder-se-á desde já colocar a seguinte questão: também há pilares com outras dimensões, o que lhes acontecerá? Por agora não nos preocupemos com isso, escolhendo como mais preferida a secção de  $0.30 \times 0.50m$  para vigas e  $0.30 \times 0.30m$  para pilares. As barras vão ser inicializadas com essas secções no momento da criação da estrutura, mas, como mais adiante veremos, será muito fácil redefinir as secções das barras com medidas diferentes.

Se pretender trabalhar na estrutura com A400 e B20 deverá seleccionar as respectivas opções; nesse caso é automaticamente proposto um novo valor para o módulo de elasticidade ( $E=E_{c28}=27.5 \text{ GPa}$ ), o qual pode ser alterado. Este valor de  $E$  será usado para inicializar o módulo de elasticidade de todas as barras quando for criada a estrutura e será o valor usado para o cálculo dos esforços e deslocamentos. Portanto, se assim entender, no caso de estruturas de betão armado e para efeito de cálculo de deslocamentos, o utilizador poderá usar um valor completamente diferente do  $E_{c28}$ . O peso volúmico para o material da estrutura pode também ser introduzido (em  $kN/m^3$ ).

Neste diálogo podem ainda ser escolhidas: a diferença entre a altura total e a útil ( $h-d$ ) para os cálculos de betão armado e a distância entre secções onde se pretende que seja efectuado o cálculo das armaduras nas vigas, pois sendo esse cálculo efectuado em pontos discretos, o utilizador pode assim pré-seleccionar o seu distanciamento. Ambos os valores são em *metro*.

Os quadrados situados na parte inferior do diálogo podem ser marcados com o rato, permitindo guardar de forma permanente algumas indicações gerais sobre o ambiente de trabalho:

- i) Fechar janelas sem perguntar nada - permite ao utilizador fechar qualquer janela do programa sem lhe ser perguntado se pretende guardar o respectivo conteúdo.

- ii) Escrever data nos gráficos - faz com que a data corrente apareça escrita em cada nova janela com gráficos.
- iii) Escrever hora nos gráficos - faz com que a hora corrente apareça escrita em cada nova janela com gráficos;
- iv) Aviso: escrever resultados no ficheiro dos dados? Faz com que seja visualizado um diálogo sempre que se mande guardar a estrutura e haja esforços calculados, caso em que se pode optar por se guardar também os esforços no ficheiro dos dados: Nesse caso esse ficheiro ocupará mais espaço e demorará mais tempo a ser aberto posteriormente. Como se verá, é de guardar esforços no ficheiro dos dados sempre que se queira cruzar posteriormente esse pórtico com outro.
- v) Nr casas decimais diagramas - permite definir o número de casas decimais a usar nos valores numéricos escritos em gráficos;
- vi) Factor de escala p/ gráficos - ao premir este botão é visualizado outro diálogo que permite definir escalas para os gráficos a gerar.

Após especificar as preferências como se visualiza no diálogo seguinte, use, em seguida, o botão **OK**.

FIGURA 9

O diálogo Preferências alterado

Preferências	
<b>SECÇÃO PREFERIDA:</b>	
<b>Uigas Pilares</b>	
Largura =	0.30 0.30 m
Mód. Elast.: E=	27.500 GPa
Altura =	0.50 0.30 m
Peso volúm. =	25.000 kN/m <sup>3</sup>
<b>BETÃO ARMADO:</b>	
• <b>Materiais</b>	
	Betão                      Aço
	<input type="radio"/> B15 <input type="radio"/> B30 <input type="radio"/> B45 <input type="radio"/> A 235
	<input checked="" type="radio"/> B20 <input type="radio"/> B35 <input type="radio"/> B50 <input checked="" type="radio"/> A 400
	<input type="radio"/> B25 <input type="radio"/> B40 <input type="radio"/> B55 <input type="radio"/> A 500
• <b>Geometria</b>	
	Altura Total-Altura útil: h-d = 0.030 m
	Afast. secções p/ cálculo do aço (uigas): 0.40 m
<input checked="" type="checkbox"/> Fechar janelas sem perguntar nada	
<input type="checkbox"/> Escrever data nos gráficos <input checked="" type="checkbox"/> Escrever hora nos gráficos	
<input checked="" type="checkbox"/> Aviso: guardar resultados no fich. dados?	
Nr casas decimais diagramas:	0
Escala p/ gráficos:	0.667
<input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="OK"/>	

As opções e preferências seleccionadas serão automaticamente guardadas pelo programa num ficheiro de preferências e, desde que não se alterem, estes valores continuarão assim definidos em futuras utilizações do programa.

## 2.3 Criar a Estrutura

---

Escolhendo o comando **Nova Estrutura...**, no menu **Ficheiro** visualiza o diálogo para definição da geometria básica da estrutura a criar.

FIGURA 10

O comando Nova Estrutura...

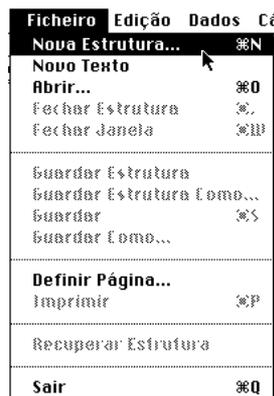
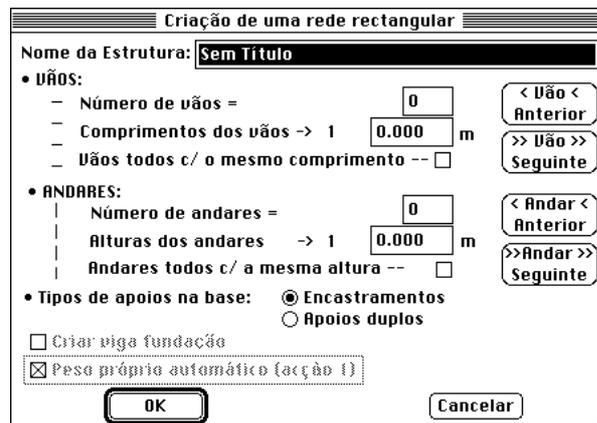


FIGURA 11

Diálogo para criar nova estrutura



Poderá ser introduzido um título para a estrutura no retângulo onde visualiza "Sem Título". Poderá, por exemplo, digitar: *Exemplo 1*.

Nos retângulos respectivos deverão ser introduzidos os números de vãos e de andares e a medida de cada um: o primeiro vão é o que está situado mais à esquerda e o primeiro andar é o situado mais abaixo. No número

de vãos do pórtico deve ser introduzido 3. Usando os botões **Vão Anterior, Vão Seguinte** (os números dos vãos crescem da esquerda para a direita), podem ser introduzidas as dimensões dos sucessivos vãos (em *metro*) no rectângulo Comprimentos dos Vãos:

vão 1 - 5 (ou 5.00)

vão 2 - 5.8

vão 3 - 4.95

Esses dois botões podem ser usados para “visitar” a dimensão de qualquer vão e, eventualmente, alterá-la. No caso de todos os vãos terem a mesma medida bastaria introduzir esse valor para o vão 1 e assinalar a opção **Vãos todos c/ o mesmo comprimento** - nesse caso ficariam mesmo inactivos os dois botões que permitem avançar e recuar os vãos.

Para o número de andares introduza 5. De forma idêntica, usando os botões **Andar Anterior, Andar Seguinte** (os números dos andares crescem de baixo para cima), define as alturas de cálculo dos diversos andares (em *metro*):

andar 1 - 3

andar 2 - 3.2

andar 3 - 2.9

andar 4 - 2.9

andar 5 - 2.9

As observações feitas para os botões referentes aos vãos são de modo semelhante válidas para os andares.

O tipo de todos os apoios (situados na base dos pilares do andar 1) podem também ser seleccionados neste diálogo: encastramentos ou apoios duplos. Mas tudo isto poderá ser posteriormente alterado com toda a simplicidade como veremos a seguir. No caso do exemplo poderemos seleccionar a opção referente a encastramentos (que se encontra automaticamente seleccionada). Mais adiante veremos como é que passaremos um dos apoios a duplo (poderá ser definido qualquer tipo de apoio). Caso se desejasse, poder-se-ia também seleccionar a opção que permite a criação à partida de uma viga de fundação a ligar todos os apoios na base do pórtico. Contudo, tal viga também pode ser acrescen-

tada posteriormente com os métodos de criar novas barras na estrutura (ver secção 3.1.4.2.2, página 101).

Depois de todos os dados introduzidos, use o botão **OK**.

FIGURA 12

Diálogo para criação de nova estrutura, após introdução dos dados

**Criação de uma rede rectangular**

Nome da Estrutura:

• **VÃOS:**

- Número de vãos =

- Comprimentos dos vãos -> 3  m

- Vãos todos c/ o mesmo comprimento --

• **ANDARES:**

| Número de andares =

| Alturas dos andares -> 3  m

| Andares todos c/ a mesma altura --

• **Tipos de apoios na base:**  Encastramentos  Apoios duplos

Criar viga fundação

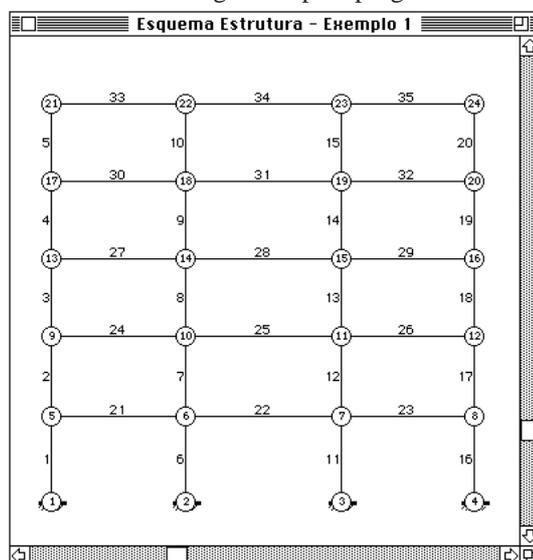
Peso próprio automático (acção 1)

Visualizará o diálogo correspondente à definição das preferências anteriormente apresentado para que, no caso de ainda não o ter feito ou de querer alterar algo, o utilizador possa redefinir os valores com os quais a estrutura vai ser inicializada (dimensões das secções das barras, módulo de elasticidade, classes de materiais, etc.). Neste caso já deverá aparecer com todos os valores pretendidos, definidos na secção anterior, pelo que basta usar o botão **OK**.

O programa gera automaticamente uma nova estrutura que é um pórtico regular com 3 vãos e 5 andares e numera os nós e as barras (a numeração dos nós é crescente da base para cima e é efectuada da forma mais adequada relativamente ao espaço de memória e tempo requerido para cálculo de esforços; a numeração das barras é efectuada primeiro para os pilares começando no pilar mais à esquerda e aumentando de baixo para cima e depois passando para as vigas começando na viga situada mais abaixo e aumentando da esquerda para a direita). É visualizada uma nova janela com o título “Esquema Estrutura - Exemplo 1”. Aí aparece desenhada a estrutura de base que é assim gerada e que agora teremos de reconfigurar de modo a obtermos a estrutura do nosso exemplo:

FIGURA 13

Dimensões iniciais geradas pelo programa

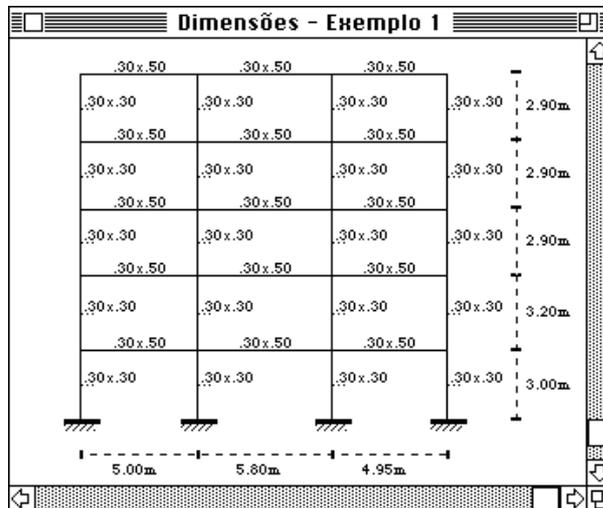


Nesta janela a figura representada é editável, ou seja, pode ser alterada. Nela aparecem dois tipos de objectos: os nós (representados por círculos com centro no nó respectivo) e as barras (representadas por segmentos de recta dispostos segundo os respectivos eixos). Cada objecto é identificado por um número que aparece na figura, existindo um sistema de numeração para os nós e outro para as barras. O programa atribui coordenadas a todos os nós, considerando um referencial global com origem na posição original do nó 1, sendo o eixo das abcissas (XX) orientado da esquerda para a direita e o das ordenadas (YY) de baixo para cima.

Uma das alterações a fazer diz respeito à definição correcta das secções de todas as barras. Escolha o comando **Dimensões Estr. e Secções**, no menu **Esquemas**. Visualizará uma nova janela com a definição geométrica da estrutura:

FIGURA 14

Dimensões iniciais geradas pelo programa



Podem colocar-se aqui as seguintes questões:

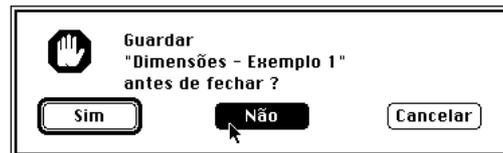
- i) O nó 21 e as barras 5 e 33 não existem na estrutura.
- ii) O apoio do pilar extremo direito aparece como encastramento e deve ser apoio duplo.
- iii) As dimensões das secções de todos os pilares foram inicializadas por defeito com o respectivo valor pré-definido nas preferências:  $0.30 \times 0.30m$ . Isto não está certo para alguns pilares.
- iv) A base do pilar extremo direito (nó 4) deverá ser posicionada  $1.0m$  acima.

Fechemos a janela “Dimensões - Exemplo 1”. Para tal basta escolher **Fechar Janela**, no menu **Ficheiro**, ou posicionar o cursor sobre o pequeno quadrado branco no canto superior esquerdo da janela (botão de fecho) e premir o botão do rato, ou, ainda, digitar a letra **w** enquanto mantém premida a tecla de **Comando**. Visualizará um diálogo (figura 15) perguntando se pretende guardar esta figura - responda não, usando o respectivo botão (pois não pretendemos guardar o conteúdo da janela num ficheiro). De um modo geral, sempre que se fecha uma janela, é perguntado ao utilizador se pretende guardar em disco o seu conteúdo. Contudo, esta pergunta poderá ser evitada escolhendo o comando **Fechar Janelas / Guardar** no menu **Dados** (com este comando seleccionado as janelas são fechadas sem que o seu conteúdo seja guardado - ver secção 3.1.4.12,

página 108) podendo também ser isso definido na definição das Preferências.

FIGURA 15

O diálogo perguntando se pretende guardar as alterações



Veremos como as diversas facilidades de edição permitirão efectuar todas as alterações de modo fácil. Note que estas serão sempre efectuadas apenas na janela da figura editável: “Esquema Estrutura - Exemplo 1”.

Nesta janela:

- i) Qualquer objecto (nó ou barra) poderá ser seleccionado posicionando sobre ele o cursor e premindo o botão do rato. Nessa altura o respectivo objecto aparecerá marcado: se for barra esta ficará desenhada com traço mais espesso, se for nó mudará a sua cor, e todos os outros objectos da mesma família que estiverem marcados deixarão de o estar.
- ii) Podem também ser seleccionados vários objectos efectuando esta operação sucessivamente mantendo premida a tecla *Shift*.
- iii) Se, mantendo premida a tecla *Shift*, posicionar o cursor sobre um objecto já seleccionado e premir o botão do rato, esse objecto deixa de estar seleccionado e não há qualquer alteração nos restantes objectos.
- iv) Premindo o botão do rato sem posicionar o cursor sobre qualquer objecto e sem premir a tecla *Shift*, todos os objectos seleccionados deixarão de o estar.
- v) Pode ser facilmente seleccionado qualquer conjunto de nós e barras em simultâneo premindo simplesmente o botão do rato e deslocando o cursor sobre a figura; irá sendo desenhado um rectângulo cinzento delimitando a região onde todos os objectos ficarão seleccionados após ter soltado o botão do rato. Ficarão seleccionados todos os nós dentro da região e todas as barras que tenham por extremos dois desses nós. Efectuando esta operação mantendo premida a tecla *Shift*, poderão ser adicionados outros objectos à selecção; neste caso, os

objectos que já estavam seleccionados continuarão seleccionados ou ficarão desseleccionados conforme se encontrem ou não dentro da nova região definida com o rato.

Antes de prosseguir experimente seleccionar (e anular a selecção de) objectos isolados ou em grupo pelos processos explicados.

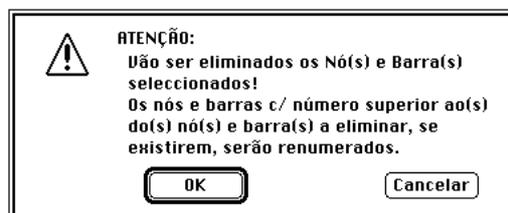
Veremos, em seguida, como efectuar as alterações necessárias para obter a configuração pretendida para a estrutura.

### 2.3.1 Eliminar o Nó 21 e as Barras 5 e 33

Para eliminar um conjunto de objectos, poderemos seleccioná--los e premir de seguida a tecla *Delete*. Seleccionar o nó 21 (verificar se apenas este nó fica seleccionado). Premir a tecla *Delete*. Ao efectuar esta operação visualiza a seguinte mensagem de alerta pedindo a confirmação ao utilizador:

FIGURA 16

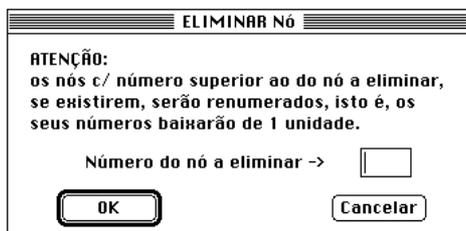
O diálogo pedindo confirmação para eliminar o nó



Usando o botão **OK** (equivalente a premir a tecla *Return* ou *Enter*) serão eliminados todos os objectos seleccionados; se se tratar de um nó, ao ser eliminado, serão também automaticamente eliminadas as barras incidentes nesse nó. Deste modo, para eliminar o nó 21 e as barras 5 e 33, porque estas têm como um extremo este nó, basta seleccioná-lo. De modo semelhante, querendo eliminar uma barra, bastará seleccioná-la e premir a tecla *Delete*. Contudo a mesma operação pode ser efectuada escolhendo o comando **Eliminar Barra...** para eliminar as barras (ver secção 3.1.4.3.2, página 103), e **Eliminar Nó...** para eliminar os nós (ver secção 3.1.4.3.1, página 103) no menu **Dados** . Neste caso visualiza a seguinte mensagem de alerta:

FIGURA 17

O diálogo Eliminar Nó

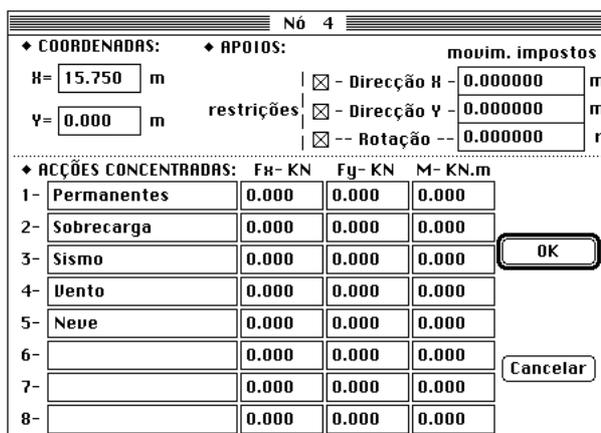


### 2.3.2 Alterar Apoio

Para corrigir dados de qualquer objecto (nó ou barra), é necessário visualizar um diálogo que inclui toda a informação desse objecto. Para tal posicione o cursor sobre ele e prima o botão do rato duas vezes em sucessão rápida. Efectue esta técnica para o nó 4 e visualizará o seguinte diálogo:

FIGURA 18

O diálogo para alterar um nó



É necessário abolir a restrição à rotação neste apoio. Para tal, desassinale a respectiva opção premindo o botão do rato com o cursor posicionado sobre o respectivo quadrado e use, em seguida, o botão **OK** (deixará também de poder impor uma rotação).

FIGURA 19

O diálogo para alterar um nó, sem rotação restringida

♦ COORDENADAS:      ♦ APOIOS:      movim. impostos  
 H= 15.750 m       - Direcção H - 0.000000 m  
 Y= 0.000 m      restrições  - Direcção Y - 0.000000 m  
     -- Rotação --

♦ ACÇÕES CONCENTRADAS:	Fx- KN	Fy- KN	M- KN.m
1- Permanentes	0.000	0.000	0.000
2- Sobrecarga	0.000	0.000	0.000
3- Sismo	0.000	0.000	0.000
4- Vento	0.000	0.000	0.000
5- Neve	0.000	0.000	0.000
6-	0.000	0.000	0.000
7-	0.000	0.000	0.000
8-	0.000	0.000	0.000

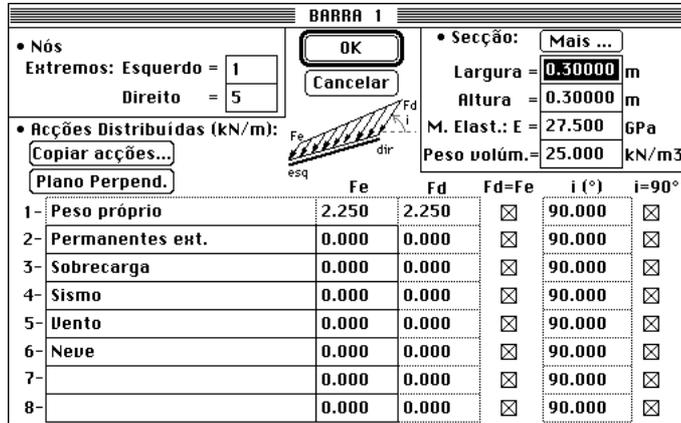
Repare que este diálogo contém todos os dados associado ao nó 4, os quais podem aqui ser alterados. Assim, outra alteração que poderia ser feita era a referente à coordenada Y deste nó que é 1.0m e não 0.0m. Contudo, veremos mais adiante como efectuar esta correcção usando outro meio para explorar e exemplificar outras capacidades do programa.

### 2.3.3 Alterar Secções dos Pilares

Já sabe como alterar dados referentes a um objecto. Mas neste caso temos vários objectos onde se pretende fazer a mesma alteração: existem, por exemplo, 2 pilares que passarão a ter a mesma secção: 0.35x0.35m.. Um processo já conhecido consiste em alterar os respectivos dados, barra a barra. Posicione o cursor sobre a barra 1 e prima o botão do rato duas vezes em sucessão rápida. Visualizará o seguinte diálogo:

FIGURA 20

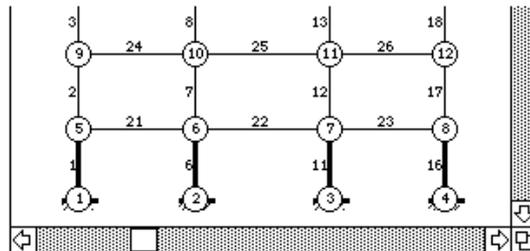
O diálogo para alterar uma barra



Neste diálogo poderia digitar as novas dimensões da secção e usar o botão **OK** (se usar o botão **Mais...**, visualizará outras propriedades da barra e da secção). O processo seria repetido para todas as barras com dados a alterar. Contudo não vamos usar esta via, pelo que deverá usar o botão **Cancelar**. Pelo processo já descrito (usando o rato e mantendo premeida a tecla *Shift*) seleccione as barras 5 e 10. Essas barras são visualizadas na figura com traço mais grosso.

FIGURA 21

Zona inferior da figura editável c/ barras 1, 6, 11 e 16 seleccionadas

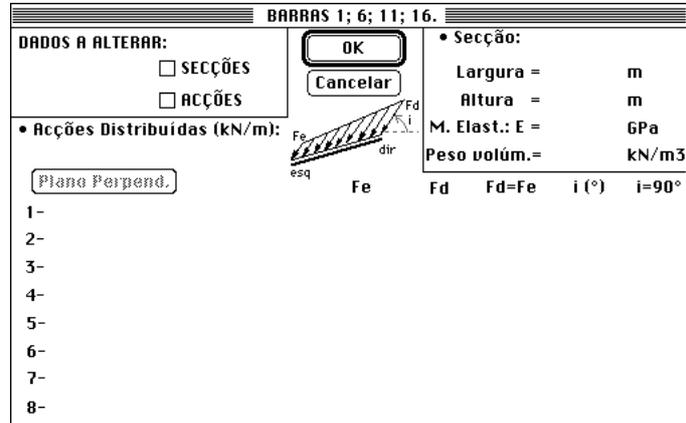


Posicione, em seguida, cuidadosamente o cursor sobre qualquer uma destas 2 barras e prima o botão do rato duas vezes em sucessão rápida (se não posicionar correctamente o cursor, apenas anulará a selecção das 2 barras; nesse caso repita o processo começando por seleccionar de novo as barras).

Visualizará o seguinte diálogo permitindo alterar simultaneamente os dados no conjunto de barras seleccionadas:

FIGURA 22

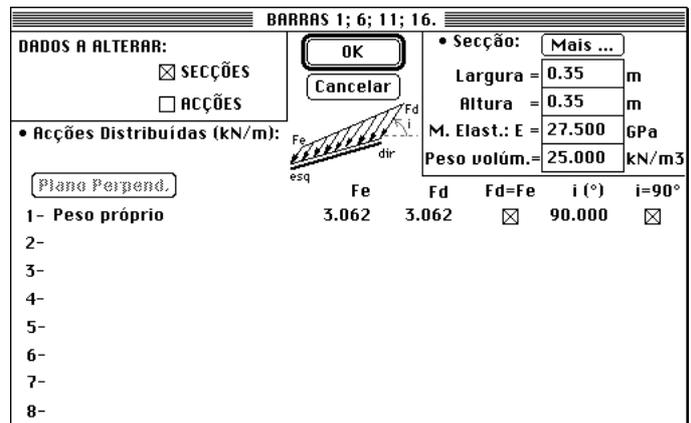
Diálogo para alterar as barras 5 e 10 em simultâneo



Neste diálogo, assinale a opção **Secções**, porque é o que pretende alterar no conjunto das barras seleccionadas. Fazendo-o, visualizará as medidas da secção e o valor 0.30x0.30, que alteraremos para 0.35x0.35. Note-se que o valor do peso próprio foi automaticamente alterado, reflectindo o valor correcto para a nova secção (figura 23).

FIGURA 23

Diálogo com as secções das barras 5 e 10



Deve, de seguida, usar o botão **OK**.

Note-se que a operação de afectação dos valores associados a vários objectos (2 barras no exemplo anterior) pode ser efectuada para qualquer número de objectos (barras ou nós) - bastará para isso seleccionar os objectos a alterar.

Note que existe ainda outra maneira de rapidamente se seleccionarem todas as barras da estrutura (ver também secção 3.1.4.4.2, página 104), ou todas as verticais (ver também secção 3.1.4.4.3, página 105), ou todas as horizontais (ver também secção 3.1.4.4.4, página 105) - escolhendo as respectivas opções do menu **Dados**.

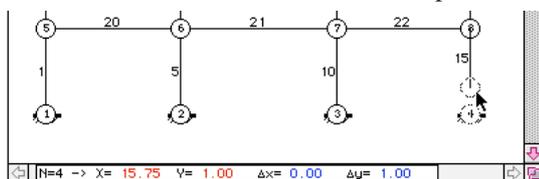
### 2.3.4 Alterar Posição do Nó 4

O programa proporciona um meio simpático de deslocar qualquer nó e as barras que lhe estiverem ligadas: premindo, e mantendo premida, a tecla **Option**, seleccione o nó 4 e, deslocando o rato, desloque-o para a nova posição pretendida. Durante o movimento visualiza as coordenadas da posição do nó movido ao fundo da janela, as quais são actualizadas em simultâneo com os deslocamentos dados ao nó. Todas as barras ligadas ao nó também são deslocadas. Aplique esta técnica ao nó 4 até que as coordenadas apresentadas tenham os valores pretendidos:  $X=15.75$ ;  $Y=1.00$ . Nessa altura solte o botão do rato e a tecla **Option**. Em alternativa, pode fazer visualizar o diálogo com os parâmetros do nó 4, tal como foi feito na secção 2.3.2 para alterar as condições de apoio deste mesmo nó, e alterar aí directamente as coordenadas do nó ( $Y=1$  em vez de  $Y=0$ ), premindo depois o botão **OK**.

---

FIGURA 24

Deslocar um nó com o rato e mantendo premida a tecla “Option”

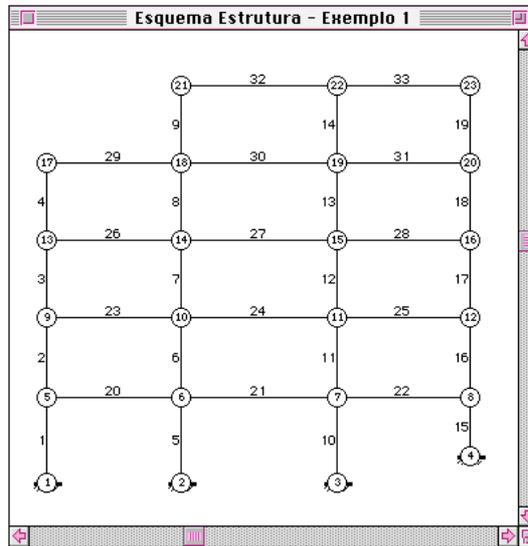


### 2.3.5 Visualizar Dados já Introduzidos

Após efectuadas todas estas alterações a estrutura deverá ter ficado com a configuração seguinte:

FIGURA 25

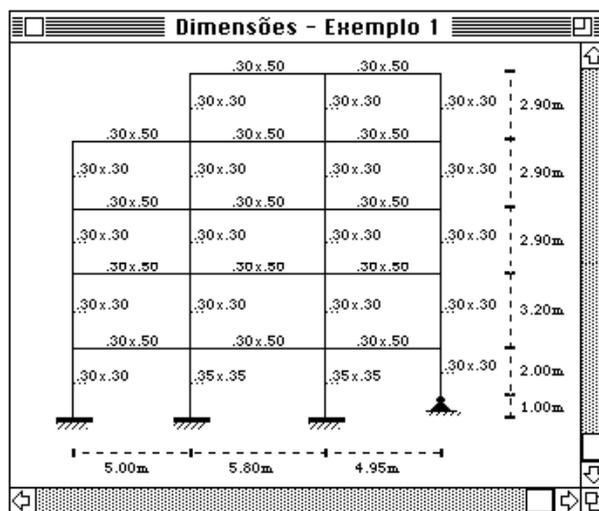
Janela com o esquema final da estrutura



Escolha o comando **Dimensões Estr. e Secções**, no menu **Esquemas**. Visualizará uma nova janela com a definição geométrica da estrutura, com todas as dimensões e apoios definidos correctamente:

FIGURA 26

Janela com as dimensões da estrutura



Note que esta é uma janela com um desenho estático, no sentido que nele nada pode ser alterado: representa a estrutura num dado estágio. Se está

tudo correcto, feche esta janela (não guarde o desenho). Se ainda há alguma coisa para alterar, faça-o primeiro, usando sempre a janela “Esquema Estrutura - Exemplo 1”.

Nesta altura, no menu **Esquemas** pode também pedir uma representação gráfica com as coordenadas dos nós ou com um diagrama dos factores de rigidez à flexão de cada barra  $EI/L$  (1º e 2º comandos daquele menu respectivamente). Note que, neste momento, ainda não estão introduzidas as acções diferentes do peso próprio das barras, nem as combinações, ou calculados esforços na estrutura, pelo que se encontram inactivos os comandos referentes aos diagramas de acções diferentes da acção 1, combinações de acções, esforços e deformadas:

FIGURA 27

O menu Esquemas



### 2.3.6 Guardar a Estrutura

Nesta altura está a geometria completamente definida e é conveniente guardar os dados no disco (já o poderíamos ter feito antes, em qualquer altura). Para tal basta escolher o comando **Guardar Estrutura...**, no menu **Ficheiro**.

---

## Criar a Estrutura

---

FIGURA 28

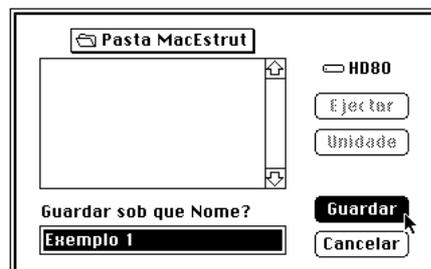
O comando Guardar Estrutura



Como é a primeira vez que vai guardar a estrutura, visualizará o diálogo onde é proposto para nome do ficheiro o título dado no início à estrutura. Esse nome pode ser alterado, o que não faremos - note, contudo, que não deverá usar o carácter dois pontos (:) no nome do ficheiro. Bastará, então, usar o botão **Guardar**:

FIGURA 29

Diálogo para guardar a estrutura em ficheiro



De agora em diante, sempre que fizer qualquer alteração ou introduzir um dado novo, poderá guardar novamente todos os dados usando o mesmo comando **Guardar Estrutura...**, no menu **Ficheiro**. Contudo, o diálogo da figura 29 não voltará a ser mostrado (os dados voltam a ser escritos no mesmo ficheiro, substituindo os dados anteriores).

Mas pode, sempre que deseje, guardar os dados num ficheiro com nome diferente. Basta para isso escolher o comando **Guardar Estrutura Como...**, no menu **Ficheiro**. Neste caso será de novo mostrado o diálogo da figura 29 a fim de aí poder escrever um novo nome para a estrutura (ver também secção 3.1.2.7, página 98).

## 2.4 Definir Acções e Combinações

---

### 2.4.1 Definir as Acções

#### 2.4.1.1 Introdução de Dados

Já vimos como pode visualizar o diálogo com toda a informação associada a um objecto: posicionando o cursor sobre o objecto e premindo o botão do rato duas vezes, em sucessão rápida. Efectuou esta acção anteriormente para o nó 4 e para a barra 1.

No caso do nó (consulte o diálogo apresentado para o nó 4) visualiza no diálogo as suas coordenadas, as restrições de movimento (definição de apoios), os movimentos impostos e, na metade inferior do diálogo, as acções, ou seja as forças concentradas actuando no nó. Estas podem ser introduzidas segundo as três componentes:  $F_x$ ,  $F_y$  e  $M$ . Quanto aos sinais destas, são impostos pelo referencial global que o programa usa na estrutura:  $F_x$  é positiva quando dirigida da esquerda para a direita;  $F_y$  é positiva quando dirigida de baixo para cima; o momento  $M$  é positivo quando actua no sentido contrário ao do movimento dos ponteiros do relógio (ver também secção 3.3, página 125).

No caso da barra, são mostrados no diálogo os respectivos nós extremos, as dimensões da secção (largura e altura em *metro*), o módulo de elasticidade longitudinal do material ( $E$ ) e, na metade inferior do diálogo, as acções, ou seja as forças distribuídas ao longo de toda a barra. Estas, podendo ser constantes, triangulares ou trapezoidais, são positivas quando dirigidas de cima para baixo, podendo ainda fazer um ângulo diferente de 90° com a horizontal.

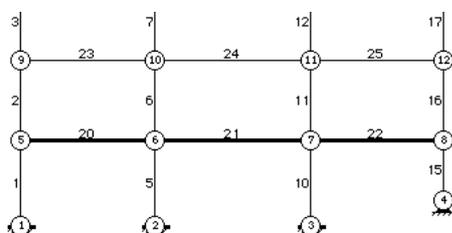
Assim, para introduzir as acções poderemos obter a visualização do diálogo de cada objecto um a um e escrever os seus valores nos locais apropriados. Contudo, tal como no nosso exemplo, é corrente existirem, por exemplo, várias barras com a mesma carga, sendo por isso mais cómodo fazer a introdução de acções de uma só vez para todos esses objectos. Tal como já foi feito para a alteração simultânea da secção de várias barras, poderemos então seleccionar primeiro todos os objectos com o mesmo valor da acção (a introduzir) e só depois fazer visualizar o diálogo que permita efectuar essa introdução em simultâneo.

## Definir Acções e Combinações

Para a acção 2 as barras 20, 21 e 22 têm todas o mesmo valor da carga: 25  $kN/m$ . Selecciona primeiro essas 3 barras (uma a uma com tecla **Shift** e rato, ou premindo simplesmente o botão do rato e deslocando o cursor sobre a figura de modo a ser desenhado um rectângulo cinzento delimitando a região que contém apenas as barras que interessam e os respectivos nós extremos - neste caso ficarão seleccionadas as três barras e os nós extremos após ter soltado o botão do rato) - as barras deverão ficar marcadas com traço mais grosso (no caso de ter usado a segunda técnica de selecção, os nós também apresentarão cor diferente):

FIGURA 30

Zona inferior da estrutura com as barras 20, 21 e 22 seleccionadas



Depois, posicionando o cursor sobre uma das três barras, prima o botão do rato duas vezes em sucessão rápida. Visualiza o seguinte diálogo referente ao conjunto das barras seleccionadas:

FIGURA 31

Diálogo para alterar as barras 20, 21 e 22 em simultâneo

O diálogo de diálogo tem o título "BARRAS 20; 21; 22.". Ele contém as seguintes opções e campos:

- DADOS A ALTERAR:**
  - SECCÕES
  - ACÇÕES
- Acções Distribuídas (kN/m):**
  - Plano Perpend.
- Secção:**
  - Largura = m
  - Altura = m
  - M. Elast.: E = GPa
  - Peso volúm.= kN/m<sup>3</sup>
- Fe Fd Fd=Fe i (°) i=90°**

Um diagrama de uma carga distribuída triangular é exibido no centro do diálogo, com as seguintes etiquetas: "Fe" (base), "Fd" (altura), "dir" (direção) e "esq" (esquerda).

Neste diálogo, vamos indicar que pretendemos apenas introduzir acções, assinalando a respectiva opção:

FIGURA 32

Diálogo p/ alterar, em simultâneo, as acções nas barras 20, 21 e 22.

	Fe	Fd	Fd=Fe	i (°)	i=90°
1- Permanentes ext.	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
3- Sobrecarga	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
4- Sismo	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
5- Vento	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
6- Neve	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
7-	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
8-	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>

Nessa altura, tornam-se visíveis os rectângulos onde se podem digitar os nomes das acções (que já aparecem inicializados mas que podem ser apagados ou alterados) e os seus valores numéricos. No diálogo podem ser introduzidas directamente pelo utilizador até 7 acções (acções 2 a 8), pois a acção número 1 é reservada ao peso próprio da barra, o qual é considerado automaticamente pelo programa em função das dimensões da secção. Assim, poderemos adoptar e manter os nomes propostos para as 4 primeiras acções (peso próprio, permanentes exteriores, sobrecarga e sismo) e apagar os outros nomes. Nos rectângulos da acção 2 e 3, digite 40 e 20 respectivamente (o programa pressupõe que as unidades são  $kN/m$ ). Os restantes valores das acções devem permanecer nulos. Note que os nomes das acções adoptados para um nó ou barra passam a ser válidos para todos os outros nós e barras.

Como pode verificar, ao digitar aqueles valores na coluna Fe eles são também colocados na coluna Fd, pois o programa assume à partida que a carga distribuída é constante e, portanto, o seu valor na extremidade direita (Fd) iguala o valor introduzido na esquerda (Fe). No caso de a carga não ser constante basta desseleccionar o respectivo quadrado na coluna Fe=Fd - nesse caso o utilizador passa a poder introduzir também o valor Fd para essa acção. De modo semelhante, o programa pressupõe que as acções distribuídas são verticais (ângulo com a horizontal igual a  $90^\circ$ ). Desseleccionando-se um quadrado da coluna  $i=90^\circ$ , passa a poder-se introduzir um valor diferente de  $90^\circ$  para a inclinação da carga distribuída relativamente à horizontal.

Após visualizar o seguinte diálogo, deverá usar o botão **OK**.

FIGURA 33

Diálogo com as acções nas barras 20, 21 e 22 já introduzidas

**BARRAS 20; 21; 22.**

DADOS A ALTERAR:  
 SECCÕES  
 ACÇÕES

• Acções Distribuídas (kN/m):

• Secção:  
 Largura = m  
 Altura = m  
 M. Elast.: E = GPa  
 Peso volúm. = kN/m<sup>3</sup>

	Fe	Fd	Fd=Fe	i (°)	i=90°
1-					
2- Perm. ext.	25.000	25.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
3- Sobrecarga	16.000	16.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
4- Sismo	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
5-	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
6-	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
7-	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
8-	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>

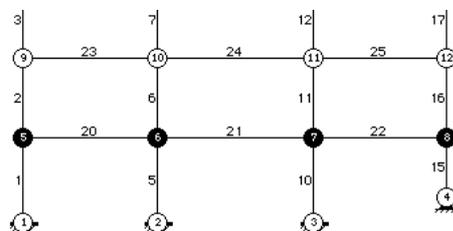
Do mesmo modo deverão ser introduzidas as acções para as restantes barras.

Quanto aos nós, o processo é também similar. Tome-se o caso dos nós 5, 6, 7 e 8. Antes de prosseguir, se houver ainda algum objecto seleccionado na estrutura anule essa selecção (premindo o botão do rato com o cursor posicionado no exterior de qualquer objecto mas no interior da janela “Esquema Estrutura - Exemplo 1”).

Selecione os quatro nós em questão (com tecla **Shift** e rato). Eles deverão aparecer com a seguinte apresentação:

FIGURA 34

Zona inferior da estrutura com os nós 5, 6, 7 e 8 seleccionados



Posicionando o cursor sobre um desses nós, prima o botão do rato duas vezes em sucessão rápida. Visualiza o seguinte diálogo referente ao conjunto de nós seleccionados:

FIGURA 35

Diálogo para editar atributos de nós

Diálogo para editar atributos de nós (Nós 5; 6; 7; 8.)

DADOS A ALTERAR:  MOVIMENTOS  ACÇÕES

◆ APOIOS: movim. impostos restrições

◆ ACÇÕES CONCENTRADAS: F<sub>x</sub>- KN F<sub>y</sub>- KN M- KN.m

1-			
2-			
3-			
4-			
5-			
6-			
7-			
8-			

OK Cancelar

Suponhamos que pretendíamos introduzir cargas concentradas nestes nós. Assim, neste diálogo vamos indicar que pretendemos introduzir acções assinalando a respectiva opção, à semelhança do que foi feito nas barras. Nessa altura aparecem visíveis os rectângulos onde se podem digitar os nomes das acções (mas neste caso aparecem apenas os nomes já adoptados nas barras) e os seus valores numéricos. No diálogo podem ser introduzidas até 8 acções, cada uma podendo ter componente horizontal ( $F_x$ ), vertical ( $F_y$ ) e momento ( $M$ ). Depois de introduzidas as cargas concentradas, deveria usar o botão **OK**.

FIGURA 36

Diálogo para alterar acções nos nós 5, 6, 7, e 8 em simultâneo

Diálogo para alterar acções nos nós 5, 6, 7, e 8 em simultâneo (Nós 5; 6; 7; 8.)

DADOS A ALTERAR:  MOVIMENTOS  ACÇÕES

◆ APOIOS: movim. impostos restrições

◆ ACÇÕES CONCENTRADAS: F<sub>x</sub>- KN F<sub>y</sub>- KN M- KN.m

1-	Peso próprio	0.000	0.000	0.000
2-	Perm. ext.	0.000	0.000	0.000
3-	Sobrecarga	0.000	0.000	0.000
4-	Sismo	0.000	0.000	0.000
5-		0.000	0.000	0.000
6-		0.000	0.000	0.000
7-		0.000	0.000	0.000
8-		0.000	0.000	0.000

OK Cancelar

Neste caso as únicas acções concentradas a considerar são devidas à acção sísmica e, como veremos, será o programa que as calculará e aplicará automaticamente nos nós da estrutura.

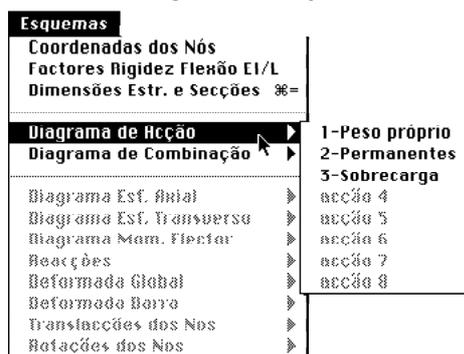
Após terminar a introdução das acções, poderá guardar de novo o problema: basta escolher o comando **Guardar Estrutura**, no menu **Ficheiro** (se pretender, poderá mesmo abandonar o trabalho, bastando para tal escolher o comando **Sair**, no menu **Ficheiro**; para prosseguir noutra altura bastaria abrir o ficheiro “Exemplo 1” agora criado) .

#### 2.4.1.2 Visualização das Acções

Estando definida alguma acção, encontra-se activo no menu **Esquemas** o comando permitindo obter o traçado de diagramas com as acções já definidas. Assim, escolhendo naquele menu o comando **Diagrama de Acção**, visualizará um sub-menu onde poderá escolher a acção pretendida; como neste caso só foram definidas as acções 1, 2 e 3 apenas essas opções aparecem activadas.

FIGURA 37

O comando Diagrama de Acção



Note que neste momento ainda não estão definidas as combinações nem calculados os esforços na estrutura, pelo que se encontram inactivos os comandos referentes aos diagramas das combinações, dos esforços e das deformadas. Opte, por exemplo, por pedir o diagrama com a representação gráfica da acção 3 (só deverá soltar o botão do rato quando o cursor estiver no sub-menu sobre a posição correspondente à acção 3).

FIGURA 38

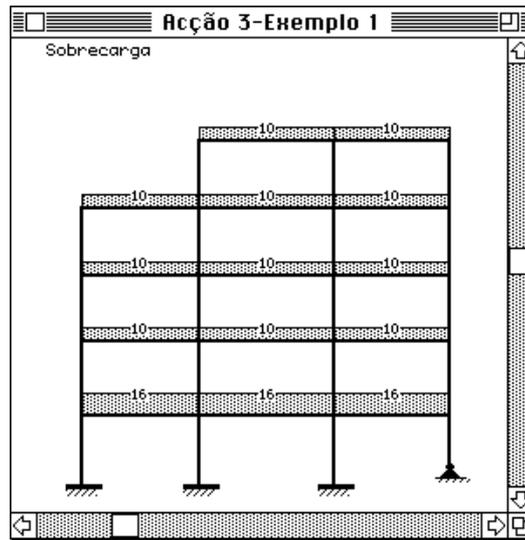
O comando Diagrama de Acção - acção 3



Visualizará uma nova janela com o diagrama pretendido.

FIGURA 39

Janela com a representação gráfica da acção 3



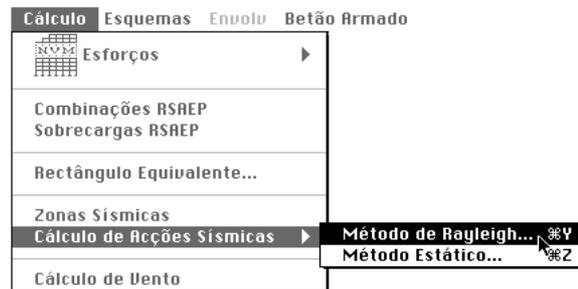
### 2.4.2 Cálculo da Acção Sísmica

Esta acção pode ser calculada automaticamente pelo programa. Para tal pode ser usado quer o método de Rayleigh quer o método Estático.

Supondo que se quer usar o método de Rayleigh, no menu **Cálculo** escolha o comando **Cálculo de Acções Sísmicas** e aí escolha o método de Rayleigh no sub-menu (figura 40).

FIGURA 40

Comando para cálculo de acção sísmica



É visualizado o diálogo onde são definidas as massas que interessam para o cálculo da frequência de vibração da estrutura (figura 41), de acordo

com o método usado. Aí poderão afectar-se as acções já existentes com os factores apropriados. Neste caso as permanentes serão afectadas com o factor 1.0 (consideram-se a 100% para avaliação da massa) e a sobrecarga<sup>3</sup> com 0.20.

FIGURA 41

Diálogo Cálculo Sismos

Acções a considerar p/ avaliação da massa da estrutura:	avaliação	Factor multiplicativo
<input checked="" type="checkbox"/> 1-Peso próprio	Definida	1.0
<input checked="" type="checkbox"/> 2-Permanentes	Definida	1.0
<input checked="" type="checkbox"/> 3-Sobrecarga	Definida	0.20
<input type="checkbox"/> 4-Sismo	VAZIA	
<input type="checkbox"/> 5-	VAZIA	
<input type="checkbox"/> 6-	VAZIA	
<input type="checkbox"/> 7-	VAZIA	
<input type="checkbox"/> 8-	VAZIA	

Nr da acção onde fica a acção sísmica:

Vigas c/ rigidez muito elevada (Rayleigh)

Cancelar OK

Neste diálogo é proposto que se armazene a acção sísmica (a calcular) na acção número 4, a primeira que está vazia. Mas o utilizador pode indicar qualquer outro número das acções que estão vazias. No caso de se indicar a acção 3, por exemplo, seria visualizado o seguinte alerta:

FIGURA 42

Alerta indicando que acção 3 já existe

A acção 3 já existe.  
Prosseguindo, esta será substituída pela  
acção sísmica a calcular !

OK

Neste caso, poderia prosseguir-se indicando a acção 3, mas nesse caso perder-se-iam os valores da sobrecarga, o que não nos interessa. Indique, pois, a acção 4 e prima o botão **OK** no diálogo da figura 39. Será calculada a frequência da estrutura e apresentada num novo diálogo onde se deve introduzir o valor da aceleração retirado dos diagramas de resposta

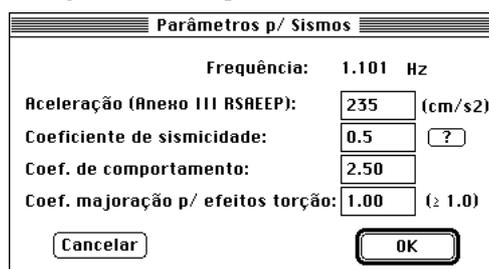
---

<sup>3</sup>: Deverão ser tidas em conta as disposições regulamentares, contidas nomeadamente no RSAEP, para a definição destes factores

do anexo III do RSAEP, e o valor do coeficiente de sismicidade, este dependendo da zona do território onde se situa e estrutura (os respectivos valores podem ser visualizados premindo no botão assinalado com ?). Tomemos os valores de  $235\text{cm}^2/m$  e 0.50 respectivamente:

FIGURA 43

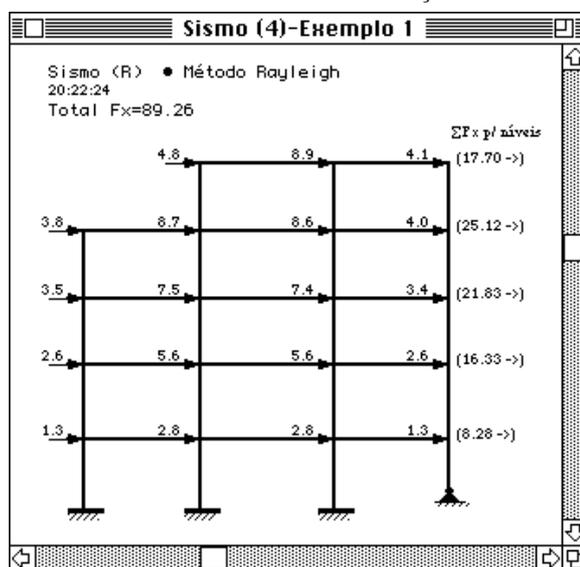
Diálogo Parâmetros para Sismos



Premindo o botão **OK** é calculada a acção sísmica, os respectivos valores são armazenados na acção indicada (4) e é visualizado o resultado do cálculo numa nova janela (figura 44). Nessa janela podem ver-se também os somatórios das forças sísmicas por andar e o seu valor total (corte basal).

FIGURA 44

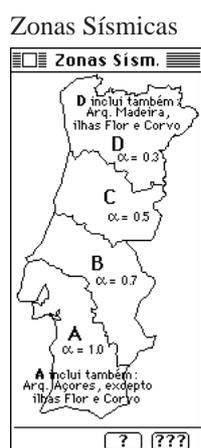
Janela com resultado do cálculo das acções sísmicas



Se agora no menu **Esquemas** escolher **Acções** poderá ver que a acção 4 está também activa, pois passa a ter os valores das forças concentradas, aplicadas nos nós, acabados de calcular.

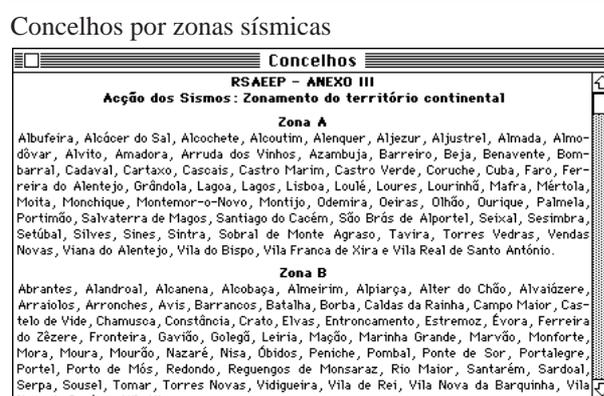
O utilizador pode também visualizar uma janela com o zonamento sísmico do território nacional ou com os concelhos. Para tal, no menu **Cálculo**, escolha o comando **Zonas Sísmicas**:

FIGURA 45



Premindo o botão ??? será visualizada uma janela com os concelhos agrupados por zonas:

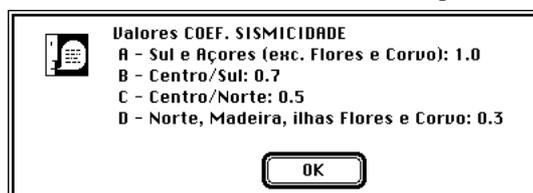
FIGURA 46



Premindo o botão ? será visualizada uma janela com um resumo dos coeficientes de sismicidade:

FIGURA 47

Valores dos coeficientes de sismicidade por zonas



Para fechar a janela da figura 45 basta pressionar o botão do rato com o cursor posicionado em qualquer ponto sobre o mapa (ou sobre o quadrado do canto superior esquerdo, como para fechar qualquer janela).

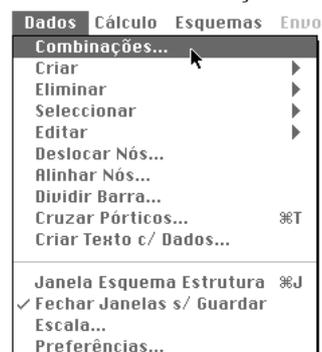
## 2.4.3 Definir as Combinações

### 2.4.3.1 Introdução de Dados

Para completar os dados, defina agora as combinações das acções. Para tal escolha o comando **Combinações**, no menu **Dados**.

FIGURA 48

O comando Combinações...



Visualiza o diálogo de definição das combinações com todos os coeficientes inicializados a zero. Nos rectângulos respectivos deve digitar os valores dos coeficientes do nosso exemplo e usar o botão **OK**. Note-se que neste diálogo existem um botão “p,s,sismo” que, ao ser pressionado, inicializa 3 combinações correntemente usadas envolvendo acções permanentes, sobrecarga e sismo. Se o usar obterá directamente as combinações pretendidas neste caso. O botão “Coef=0” anulará todas as combinações. Os pequenos botões  à direita de cada linha e ao fundo de

## Definir Acções e Combinações

cada coluna permitem, respectivamente, anular todos os coeficientes de uma linha ou de uma coluna.

FIGURA 49

Diálogo para definir as Combinações de Acções

Definição das Combinações de Acções							
COEFICIENTES MULTIPLICATIVOS P/ CADA ACÇÃO EM CADA COMBINAÇÃO							
Acções	Combinações						
	1	2	3	4	5	6	7
1- Peso próprio	1.35	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2- Perm. ext.	1.50	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3- Sobrecarga	1.50	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
4- Sismo	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
5-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OK    p,s,sismo    Coef=0    Cancelar

Nesta altura já estão definidas as acções e as combinações, todos os dados estão, portanto, introduzidos. Deverá guardar, de novo, o problema: escolha o comando **Guardar Estrutura**, no menu **Ficheiro**.

### 2.4.3.2 Visualizar Combinações

Pode agora também pedir o traçado de diagramas com as combinações de acções. Note que neste momento ainda não estão calculados esforços na estrutura, pelo que se encontram inactivos os comandos referentes aos diagramas de esforços e às deformadas.

Experimente pedir qualquer diagrama das combinações de esforços - para cada um será aberta uma nova janela. Neste caso apenas se podem escolher os comando do sub-menu correspondentes às 3 combinações definidas (isto é, com algum coeficiente diferente de zero).

FIGURA 50

O comando Diagrama de Combinação - escolha da Combinação 3



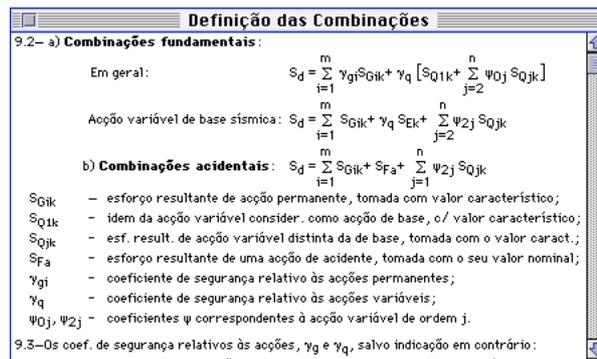
Note que pode trabalhar com o programa abrindo simultaneamente, várias janelas, o que pode ser útil para comparar (em representação gráfica) várias acções e/ou combinações ou como veremos adiante, os esforços resultantes de várias combinações, ou ainda armaduras calculadas para diversas combinações de aço/betão, etc. Poderá tornar activa qualquer janela, deslocá-la no écran ou alterar as suas dimensões pelos processos habituais (consulte o manual de utilizador do seu *Macintosh*).

### 2.4.3.3 Visualizar Disposições Regulamentares

Sobre a definição de combinações também pode visualizar as disposições regulamentares escolhendo o comando **Combinações RSAEP** do menu **Cálculo**:

FIGURA 51

Combinações RSAEP



## 2.5 Cálculo de Deslocamentos e Esforços

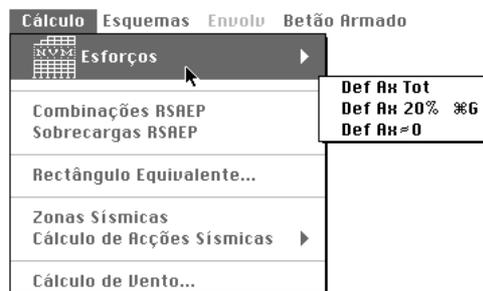
---

### 2.5.1 Cálculo

Para calcular os deslocamentos e os esforços escolha o respectivo comando do menu **Cálculo** que inclui um sub-menu com 3 opções, permitindo considerar de 3 modos diferentes a deformabilidade axial das barras nos cálculos: na íntegra, em 20% ou desprezando-a.

FIGURA 52

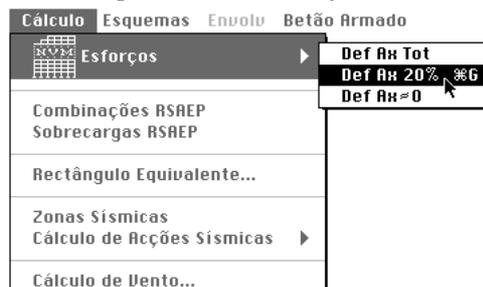
O comando para cálculo dos esforços



Se pretender considerar a deformabilidade axial na sua totalidade escolha o comando **Def Ax Tot**, no sub-menu **Esforços**:

FIGURA 53

Comando p/ cálculo dos esforços (c/ deformabilidade axial parcial)



Durante o cálculo visualiza informação sobre a fase em execução. No fim visualiza nessa informação o tempo consumido na operação (minutos:segundos.centésimos de segundo).

FIGURA 54

Diálogo mostrando o tempo gasto no cálculo dos esforços



Visualizará logo de seguida um diálogo permitindo, se pretender, guardar no disco um texto com todos os resultados do cálculo. Neste diálogo é proposto um nome para esse ficheiro “ESF-Exemplo 1”. Pode, se pretender, alterar o nome proposto bastando para tal digitar o nome pretendido no respectivo rectângulo.

FIGURA 55

Diálogo p/ guardar em ficheiro resultados do cálculo dos esforços



Usando o botão guardar, é então criado no disco um novo ficheiro com os resultados (o formato desse ficheiro será o correspondente ao que se especificou no diálogo das opções para os textos). Os resultados são constituídos pelas deformações (em termos de deslocamentos segundo X e segundo Y e rotação de cada nó) e pelos esforços (axial -  $N$ , transverso -  $V$  e momento flector -  $M$ ).

Agora já estão calculados os esforços. Guardando o problema mais uma vez, os esforços serão guardados juntamente com os dados do problema: escolha o comando **Guardar Estrutura** no menu **Ficheiro**.

### 2.5.2 Visualização de Resultados

Depois do cálculo de esforços efectuado já pode escolher mais comandos no menu **Esquemas**, **Envolv** ou **Betão Armado**, que antes estavam inactivos. Assim no menu **Esquemas** podem agora ser pedidos gráficos com diagramas de esforços axiais, transversos ou momentos flectores para qualquer uma das combinações de esforços definidas. Cada um destes comandos tem um sub-menu com todas as combinações (sete no máximo), mas destas apenas se encontram seleccionáveis as que correspondem às combinações definidas no problema. No nosso exemplo só estão definidas as combinações 1, 2 e 3, portanto só para essas se podem agora obter figuras com resultados.

2.5.2.1 Diagramas de Esforços

Escolhendo o comando **Diagrama Mom. Flector** (não solte ainda o botão do rato) visualiza um sub-menu com apenas as 3 opções activas, correspondentes às combinações definidas - escolha a **combinação 3**.

FIGURA 56

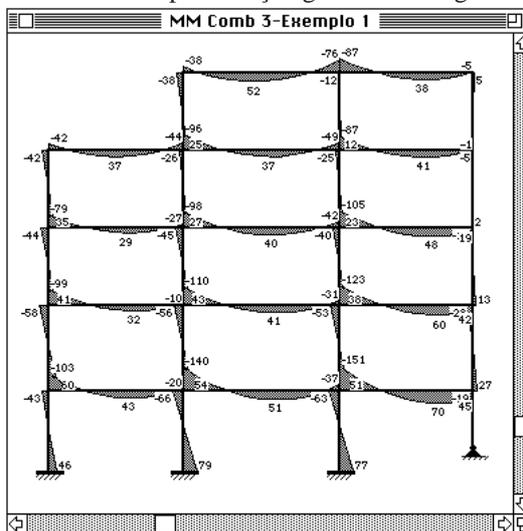
O comando Diagrama de Mom. Flector para a combinação 3



Visualizá uma nova janela com o diagrama pretendido:

FIGURA 57

Janela com a representação gráfica do Diagrama de Mom. Flector



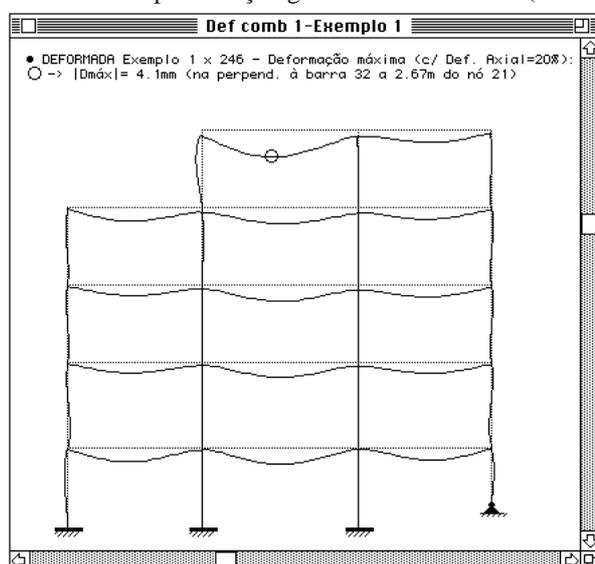
De modo semelhante poderá visualizar os diagramas de esforços axiais, transversos e ainda reacções de apoio para qualquer combinação. Nos equipamentos com monitores policromáticos são usadas diversas cores para os diagramas de esforços e para as suas envolventes: azul para os NN, verde para os VV, vermelho para os MM.

### 2.5.2.2 Esquemas com Deformadas

No menu **Esquemas** pode também ser escolhido o comando referente à deformada global da estrutura que, da mesma forma que para os diagramas de esforços, tem um sub-menu onde se pode optar por qualquer uma das combinações definidas. Para a combinação 1 poderá obter o seguinte esquema onde a configuração inicial está a tracejado e a deformada está a traço cheio (e a vermelho nos monitores policromáticos), é apresentada a máxima translação em toda a estrutura medida na perpendicular a qualquer barra e assinalada a respectiva secção com um círculo.

FIGURA 58

Janela com representação gráfica da Deformada (Combinação 1)

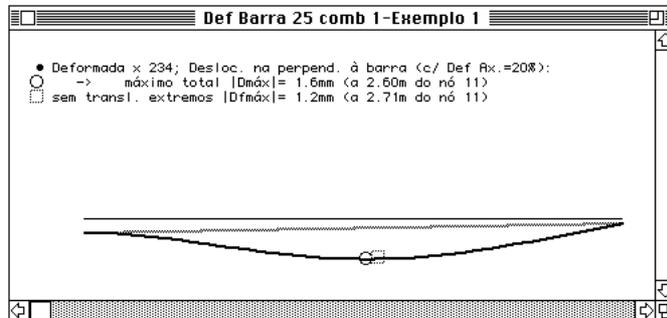


Note que para obter as linhas das deformadas bem visíveis, os valores das deformações são apresentados numa escala diferente, isto é, são multiplicados por uma constante maior que 1 (constante essa que aparece no cimo da janela).

No menu **Esquemas** o comando **Deformada Barra** só ficará activo se houver uma e só uma barra seleccionada na estrutura - aqui também existe um sub-menu com as combinações. Selecione a barra 25. Agora já poderá escolher o referido comando. Fazendo-o para a **combinação 1**, obterá a deformada rigorosa dessa barra numa nova janela (a linha cheia mais fina representa a barra não deformada e a de maior espessura representa a configuração deformada, que nos monitores policromáticos será vermelha).

FIGURA 59

Representação gráfica da Deformada da Barra 25 (Combinação 1)



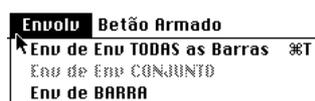
Pode visualizar os valores absolutos da translacção máxima sofrida (cuja secção é assinalada com um círculo a cheio) e do deslocamento máximo calculado sem levar em conta as translacções dos extremos da barra (a respectiva secção é assinalada com um quadrado cinzento).

### 2.5.2.3 Esquemas com Envoltentes de Esforços

Com os comandos disponíveis no menu **Envolv** pode obter facilmente no écran os traçados das envoltentes dos esforços em qualquer barra.

FIGURA 60

O menu Envoltentes



Por vezes é conveniente saber quais são os esforços máximos não numa, mas num grupo de barras - surge assim o conceito de envolvente das envoltentes de um grupo qualquer de barras a que se referem os 2 últimos comandos deste menu. O comando **Env de Env TODAS** as Barras permite obter a envolvente das envoltentes de todas as barras da estrutura - escolhendo-o, pode saber rapidamente os máximos e mínimos valores dos NN, VV e MM em toda a estrutura. O comando **Env de Env CONJUNTO** só está activo quando existirem diversas barras seleccionadas na estrutura. O comando **Env de BARRA** está activo apenas quando existe uma e uma só barra seleccionada.

Selecione as barras 21, 24 e 27 e escolha de seguida o comando **Env de Env CONJUNTO**.

FIGURA 61

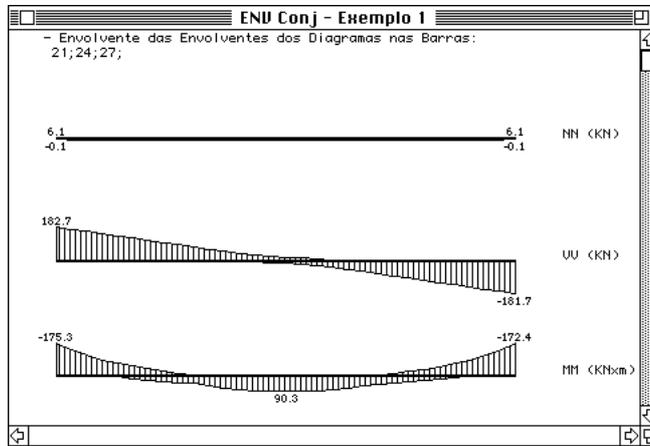
O comando Envolventes de Envolventes de um Conjunto de barras



Visualizará uma nova janela com as envolventes de envolventes pretendidas.

FIGURA 62

Envolventes de Envolventes das Barras 21, 24 e 27



Selecione agora apenas a barra 28 e escolha **Env de BARRA**.

FIGURA 63

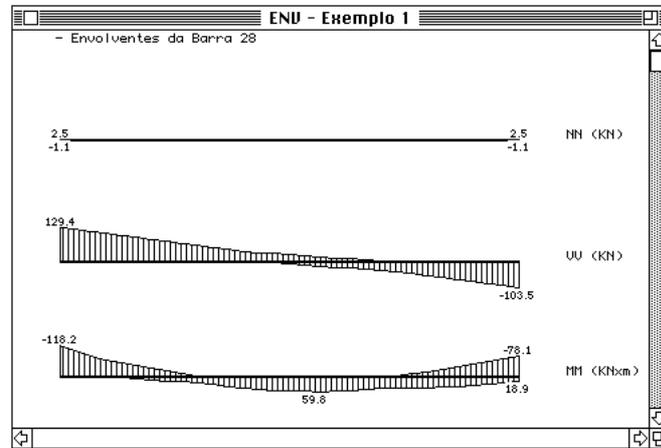
O comando Envolventes dos Esforços de uma Barra



Será aberta nova janela com as envolventes referentes apenas aos esforços da barra 28.

FIGURA 64

Representação gráfica das Envolventes de Esforços da Barra 28



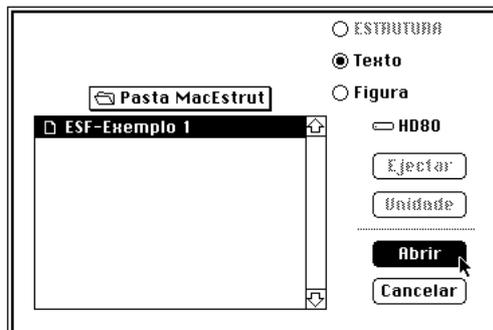
Nesta altura tem abertas diversas janelas com figuras que pode mandar fechar. Ao fechar cada uma visualiza sempre o habitual diálogo permitindo guardar a figura, a menos que tenha previamente escolhido o comando **Fechar Janelas s/ Guardar** no menu **Dados**.(com este comando seleccionado as janelas são fechadas sem que o seu conteúdo seja guardado).

#### 2.5.2.4 Memória com Cálculos

Depois de calculados os esforços, foi visualizado um diálogo permitindo criar no disco um ficheiro com os resultados do cálculo. Tal foi feito no ficheiro “ESF-Exemplo 1” que agora podemos abrir para analisar o seu conteúdo, ou mesmo para o imprimir. Para tal, escolha o comando **Abrir...**, no menu **Ficheiro**. Visualizará o seguinte diálogo:

FIGURA 65

Diálogo permitindo abrir ficheiro de texto com resultados



A opção **Texto** está seleccionada por defeito, o que quer dizer que está preparado para abrir textos. Estando uma estrutura aberta não pode abrir outra, mas podem ser abertos diversos ficheiros de texto ou com figuras, mantendo a estrutura aberta. Neste caso, visualiza no diálogo o nome do texto dos resultados do cálculo, o qual também tem todos os dados. Para o abrir, use o botão **Abrir** e poderá ver o texto com os resultados. Os textos com mais de 32k são divididos em várias janelas. No texto primeiro aparecem todos os dados geométricos da estrutura e depois, para cada combinação, as acções, os deslocamentos e os esforços. Quando for aberto com um processador de texto (*Word*, etc.) deverá ser usado o tipo Monaco com 9 pontos ou Courier e ajustadas as margens.

## 2.6 Dimensionamento do Betão Armado

---

### 2.6.1 Cálculo e Visualização de Áreas de Aço

Estando orientado essencialmente para estruturas correntes de edifícios, o programa dimensiona as vigas à flexão simples e os pilares à flexão composta. Com efeito, nessas estruturas os elementos que geralmente são solicitados à flexão composta são os pilares. As vigas dos pórticos podem também ter esforços de tracção ou de compressão associados com os de flexão. É, no entanto, vulgar fazer o seu estudo à flexão simples, pois aqueles esforços podem, na grande maioria dos casos, ser desprezados, salvo algumas excepções que o utilizador deverá ponderar.

O menu **Betão Armado** permite calcular as armaduras em peças à flexão simples e composta, efectuar o dimensionamento de elementos estruturais isolados (lajes aligeiradas simplesmente apoiadas, escadas, sapatas e muros de suporte nalgumas versões), secções sujeitas à flexão simples, composta e torção, e ainda visualizar uma tabela com as áreas e pesos dos varões de aço correntemente usados em betão armado.

---

FIGURA 66

O menu Betão Armado (nenhuma barra seleccionada)



Dispõe de vários comandos: o comando **Calcular Cada Barra...** permitindo obter o dimensionamento de todas as barras da estrutura (é independente do facto de haver ou não barras seleccionadas); os comandos **Calcular Seleccionado...** e **Cálculo Agrupado...**, permitem efectuar o dimensionamento de um conjunto de barras seleccionadas - estes dois somente estarão activos se houver pelo menos uma ou pelo menos duas barras seleccionadas respectivamente:

FIGURA 67

O menu Betão Armado (várias barras seleccionadas)



O comando **Calcular Seleccionado...** permite obter o dimensionamento de um conjunto de uma ou mais barras que estão seleccionadas. As barras são dimensionadas uma a uma.

O comando **Cálculo c/ Env de Env...** efectua o dimensionamento agrupado numa só barra, isto é, dimensiona uma barra (à flexão simples) com as envolventes das envolventes dos VV e dos MM do conjunto de barras seleccionadas. Esta opção é útil nos casos em que se pretende efectuar o dimensionamento de um conjunto de vigas, eventualmente com esforços diferentes, mas mantendo a mesma secção e armadura.

Se o utilizador pretender, à semelhança do que acontece com os esforços, no cálculo do betão armado pode ser criado um ficheiro no disco com um texto contendo os cálculos das armaduras - mas só é criado qualquer ficheiro no disco com a autorização prévia do utilizador. Nesse texto, nas barras dimensionadas à flexão simples, as armaduras longitudinais e transversais são calculadas num certo número de secções, cujo afastamento é seleccionável pelo utilizador. São assinalados na listagem os pontos em que ocorrem os valores máximo e mínimo da envolvente do momento flector. A armadura transversal também é assinalada com o carácter “`” quando é condicionada por imposições mínimas regulamentares. Para o caso da flexão composta (ocorrendo geralmente em pilares) é apresentado o cálculo das armaduras longitudinais (áreas de aço iguais em cada face do pilar) para cada combinação, em cada extremo da barra, sendo sempre assinalada com o carácter “^” a área de aço quando obtida por imposições mínimas regulamentares, indicando no fim a armadura a adoptar de entre aquelas.

---

## Dimensionamento do Betão Armado

---

Escolha o comando **Calcular Cada Barra...** Visualizará o seguinte diálogo (tal como seria para qualquer um dos outros 2 comandos).

FIGURA 68

Diálogo p/ definir parâmetros para cálculo do betão armado

**Parâmetros p/ Cálculo do Betão Armado**

- MATERIAIS**
  - Betão:
    - B15
    - B20
    - B25
    - B30
    - B35
    - B40
    - B45
    - B50
    - B55
  - Aço:
    - A 235
    - A 400
    - A 500
- GEOMETRIA**
  - Altura total - Altura útil: h-d =  m
  - Distância entre secções de cálculo do aço nas vigas:  m
- CASAS DECIMAIS no gráfico c/ áreas de aço**
  - Vigas:
  - Pilares:
- MOBILIDADE dos Nós:**  Estrutura de Nós Móveis  
 Estrutura de Nós Fixos

OK Cancelar

Os valores deste diálogo referentes a classes de aço e de betão, diferença entre altura total e altura útil, distância entre secções onde são calculadas as armaduras nas vigas, são inicializados de acordo com o que está definido nas **Preferências** (menu **Dados**). Mas antes de usar o botão **OK** pode seleccionar outras classes de aço e betão, etc. (nesse caso pode mesmo mandar alterar o ficheiro das preferências). Pode ainda especificar o número de casas decimais que pretende visualizar no gráfico das armaduras que, como veremos (figura 71), será desenhado numa nova janela (neste caso indique 1 casa decimal tanto para a armadura de vigas como de pilares). Visualiza, em seguida, o diálogo permitindo guardar em ficheiro um texto com todos os cálculos das armaduras. O nome proposto para o ficheiro é "BA1-Exemplo 1", mas pode ser alterado pelo utilizador digitando no rectângulo respectivo o nome pretendido.

FIGURA 69

Guardar em ficheiro resultados do cálculo do betão armado

Pasta MacEstrut

- ESF-Exemplo 1
- Exemplo 1

HD80

Ejectar

Unidade

Guardar sob que Nome?

BA1-Exemplo 1

Guardar Cancelar

Usando o botão **Guardar** será criado o ficheiro com o texto contendo os cálculos. Usando **Cancelar** esse ficheiro não será criado, mas os cálculos são realizados. No fim do cálculo o utilizador é avisado do tempo gasto (e, se for caso disso, tem a confirmação de que foi criado o ficheiro com os cálculos), devendo então usar o botão **OK**.

FIGURA 70

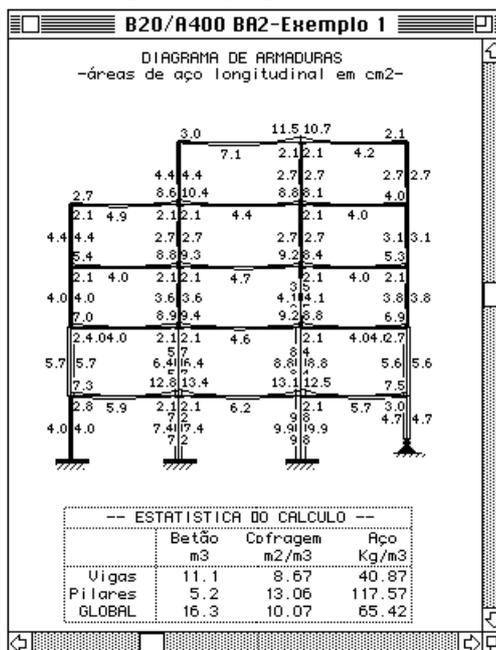
Diálogo mostrando o tempo gasto no cálculo do betão armado



Em qualquer dos casos é aberta uma nova janela onde é desenhado um diagrama com as áreas de armaduras em  $cm^2$  (em monitores policromáticos é usada a cor azul nos pilares e o vermelho nas vigas) e é apresentado um quadro com a estatística do cálculo (volumes de betão, quantidades de cofragem e de armaduras calculadas). Note que nesse esquema em certos pilares é indicada armadura junto de cada face tanto no plano da estrutura (ex.: 6.4  $cm^2$  na barra 6) como no plano perpendicular (ex.: 5.7  $cm^2$  na barra 6).

FIGURA 71

Janela c/ representação gráfica das áreas das armaduras calculadas



O ficheiro criado no disco com o dimensionamento do betão armado lista sequencialmente (de acordo com a numeração das barras) os cálculos para pilares e para vigas.

Quando este texto for aberto com um processador de texto (*Word*, etc.) deverá ser usado o tipo *Monaco* com 9 pontos ou (mais aconselhado ainda) o tipo *Courier* com 9 ou 10 pontos, e ajustadas as margens.

O pedido de dimensionamento (agrupado) de barras (por exemplo as barras 21, 24 e 27, cujas secções têm as mesmas dimensões) com a mesma armadura é efectuado como se tratasse de uma barra única dimensionada com a envolvente das envolventes de três barras.

Um pedido de dimensionamento de barras agrupadas cujas secções não tenham todas as mesmas dimensões é detectado pelo programa que, nesse caso, pergunta ao utilizador se quer desistir desse dimensionamento ou se pretende impor uma secção com as mesmas dimensões para aquelas barras (neste caso são pedidas as dimensões a considerar). Seleccionem-se as barras 9 e 32 - as respectivas secções são 0.30x0.30 e 0.30x0.50. Escolha o comando **Cálculo Agrupado...**

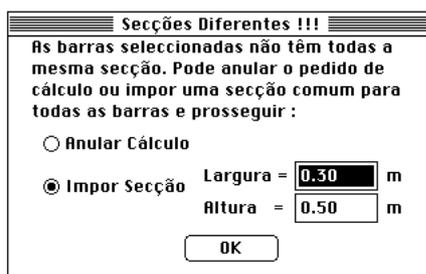
Visualizará o diálogo habitual **Parâmetros p/ Cálculo do Betão Armado** anteriormente apresentado, onde pode seleccionar as classes de aço e de betão pretendidas e em seguida visualizar outro diálogo.

Supondo que pretende fazer o dimensionamento à flexão simples de uma única barra com as envolventes das barras seleccionadas poderá impor uma secção única seleccionando a opção **Impor Secção**, podendo de seguida digitar as dimensões pretendidas (são automaticamente propostas as dimensões especificadas nas preferências).

---

FIGURA 72

Diálogo anterior após imposição de secção comum para as barras



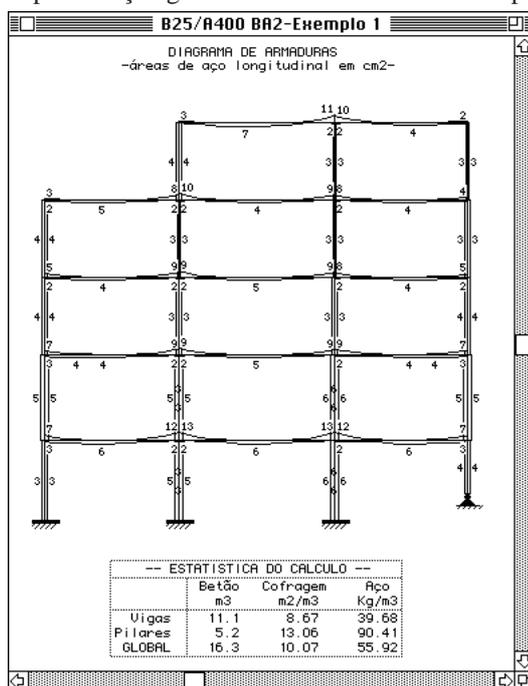
### 2.6.2 Pesquisa de Soluções Alternativas

Pode pretender comparar diversas soluções alternativas para a mesma estrutura, variando as dimensões das secções, os valores das cargas, as classes de aço e de betão. Para tal bastará efectuar as alterações pretendidas para cada caso e ir pedindo o cálculo de esforços e o dimensionamento de betão armado.

Pretendendo-se gerar uma nova solução de betão armado para a combinação de materiais B25/A400, bastaria escolher de novo o comando **Calcular Cada Barra...** no menu **Betão Armado**. Visualizaria, em seguida, o diálogo para escolha dos parâmetros de cálculo de betão armado onde deveria seleccionar as classes pretendidas, deveria em seguida autorizar ou cancelar a criação de ficheiro com os cálculos, e obteria o novo resultado noutra janela com o título “B25/A400 BA2-Exemplo 1” (neste caso foram indicadas 0 casas decimais para a representação das áreas de aço):

FIGURA 73

Representação gráfica das áreas das armaduras para B25/A400



Poderá efectuar as comparações que desejar usando as diversas representações gráficas de que pode dispor, mantendo várias janelas abertas em simultâneo no écran, cada uma com o gráfico de dados ou resultados representativo de uma alternativa. Em qualquer altura do processo, se

quiser recuperar os dados e resultados iniciais, bastará escolher o comando **Recuperar Estrutura**, no menu **Edição**. Serão então repostos em memória os dados existentes no disco (correspondentes à última vez em que guardou a estrutura). Assim, poderão ser efectuadas todas as alterações pretendidas e recuperar sempre os dados iniciais. Evidentemente que o utilizador pode realizar alterações que pretenda guardar desprezando a versão inicial, para o que basta escolher o comando **Guardar Estrutura**, no menu **Ficheiro**, ou até guardar uma nova configuração da estrutura mantendo a inicial, para o que deverá nesse caso escolher o comando **Guardar Estrutura Como...** e atribuir-lhe um nome diferente.

Note que após ter sido efectuada qualquer alteração nos dados da estrutura correntemente aberta, ficarão inactivos todos os comandos referentes a pedido de gráficos com resultados: esquemas com diagramas de acções ou esforços, envolventes e dimensionamento de betão armado. Esses comandos só serão (re)activados depois de serem de novo calculados os esforços (menu **Cálculo**).

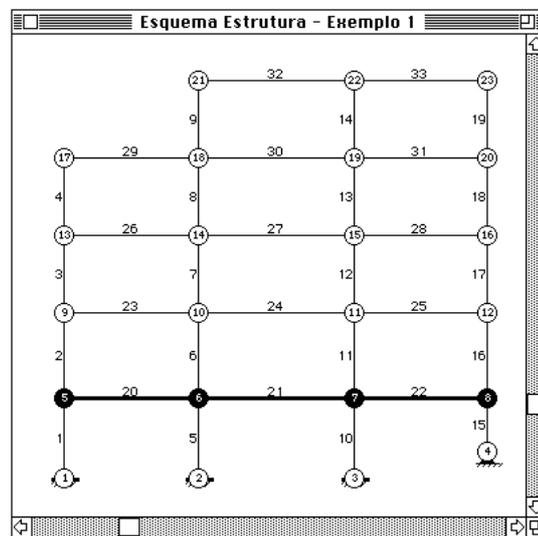
## 2.7 O Desenho do Betão Armado

Para se conseguir o desenho de toda a estrutura ou de uma parte dela, basta seleccionar primeiro as barras a desenhar na janela Esquema da Estrutura, e depois escolher o comando **Desenhar Barras...** do menu **Betão Armado**.

Para desenhar a viga composta pelas barras 20, 21 e 22, comece por seleccioná-las usando o rato:

FIGURA 74

Estrutura com as barras 20, 21 e 22 seleccionadas



Escolhendo o comando **Desenhar Barras...** do menu **Betão Armado** é visualizado o seguinte diálogo:

FIGURA 75

Diálogo para desenhar barras seleccionadas

**Desenho Betão Armado**

Diâmetros Mínimos Armad. Longitud. 3 barras: 3 vigas

**VIGAS**

Superior	Inferior
<input type="radio"/> Ø 6	<input type="radio"/> Ø 6
<input type="radio"/> Ø 8	<input type="radio"/> Ø 8
<input checked="" type="radio"/> Ø 10	<input checked="" type="radio"/> Ø 10
<input type="radio"/> Ø 12	<input type="radio"/> Ø 12
<input type="radio"/> Ø 16	<input type="radio"/> Ø 16
<input type="radio"/> Ø 20	<input type="radio"/> Ø 20
<input type="radio"/> Ø 25	<input type="radio"/> Ø 25
<input type="radio"/> Ø 32	<input type="radio"/> Ø 32

nr varões por corte: 2

**PILARES**

<input type="radio"/> Ø 6
<input type="radio"/> Ø 8
<input type="radio"/> Ø 10
<input checked="" type="radio"/> Ø 12
<input type="radio"/> Ø 16
<input type="radio"/> Ø 20
<input type="radio"/> Ø 25
<input type="radio"/> Ø 32

Pilar: Nº máx varões/face: 7

ESCALA:  1:5  1:10  1:20  1:25

MATERIAIS: B20/A400

Chamadas:  Escritor Nrs das Barras  Medir Varões  Usar Cores

Fundo branco sob caracteres

Cotagem:  Moldura  Ambiente pouco agressivo

Fechar varões nos topos  Desenhar Estribos

Nº máximo de varões na mesma camada: 7

Distância mín. do apoio a corte de varão inf.: 0.40 m

Designação p/ desenho: \_\_\_\_\_

Aqui podem ser seleccionados diversos parâmetros para o dimensionamento. Podem escolher-se diâmetros mínimos a usar nas vigas e nos pilares. Escolha-se o diâmetro mínimo Ø12 nas vigas tanto para a armadura superior como para a inferior. O número de varões preferido para os cores da armadura pode continuar com o valor proposto - 2 varões por corte.

Pode ser imposto o número máximo de varões na mesma camada de armaduras. Embora sejam verificadas as disposições do REBAP respeitantes a este aspecto, o utilizador pode, por razões práticas, não permitir um elevado número de varões na mesma camada (por exemplo, se o regulamento permitisse a utilização de 10 varões numa peça com uma certa largura, o utilizador pode impor esse limite máximo a 7 varões). Estes valores podem continuar como são propostos: máximo de 7 varões na mesma camada.

Os varões junto à face inferior das vigas podem muitas vezes ser cortados já praticamente sobre o apoio. É corrente nesses casos levar a armadura até ao pilar. Neste caso o valor proposto é de 0.40m o que quer dizer que não será cortado nenhum varão da camada inferior das vigas se o cálculo só o permitir a uma distância inferior a 0.40m ao pilar. Obviamente que pode ser estipulado qualquer valor para este parâmetro.

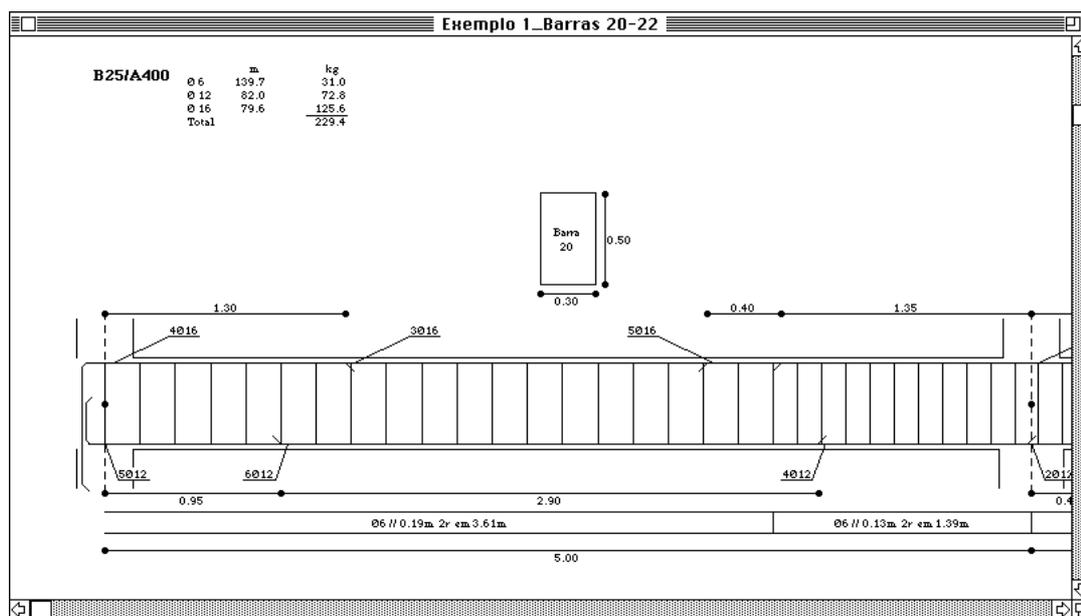
Selecione os quadrados **Medir Varões** (para ser efectuada uma medição por diâmetros) e **Fechar varões nos topos** (para serem amarrados nos pilares os varões nos topos das vigas). Os botões a seguir a **Chamadas** permitem seleccionar as chamadas dos varões no desenho todas ao mesmo nível ou em níveis alternados. A **Cotagem** pode ser efectuada

com traços ou com círculos nos pontos de mudança de cota. O quadrado **Usar cores** permite que no desenho sejam usadas cores diferentes para as armaduras longitudinais e transversais. O quadrado **Moldura** permite que o desenho venha envolvido por um rectângulo. O quadrado **Fundo branco sob caracteres** permite que todos os caracteres a escrever no desenho apareçam sempre sobre um rectângulo de cor branca que cobrirá (e tornará invisível) qualquer traço que eventualmente apareça situado sob esses caracteres. Caso se pretendesse um desenho mais "leve" poderia desseleccionar-se o quadrado **Desenhar Estribos**, mas neste caso não o faça.

Premindo o botão **OK** será visualizado o desenho das barras marcadas numa nova janela (figura 76).

FIGURA 76

Desenho das barras 20, 21 e 22

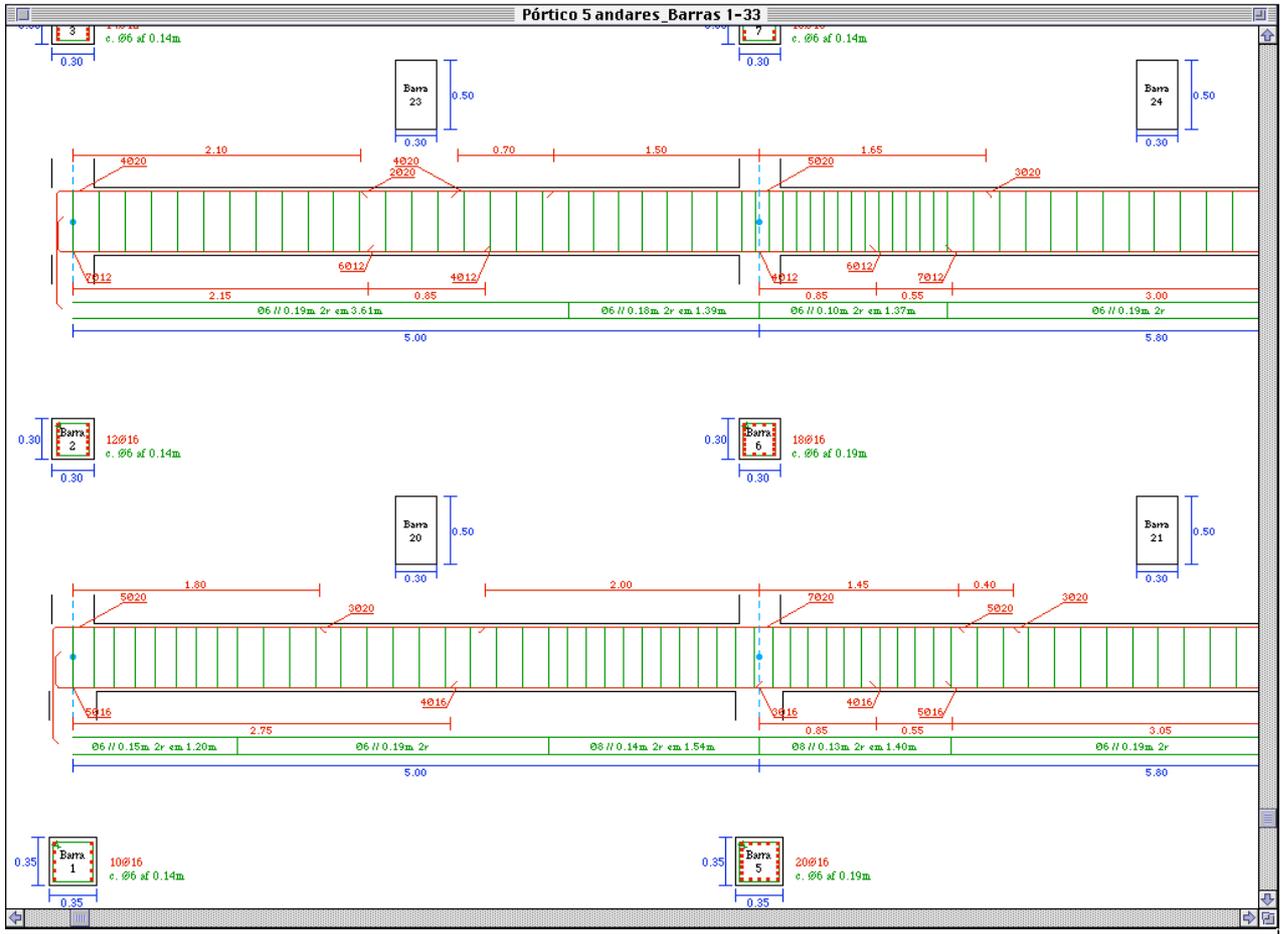


O conteúdo desta janela, como o de qualquer outra, pode ser guardado no disco. O ficheiro pode então ser posteriormente aberto com qualquer programa de desenho (para isso não deixe aberta a correspondente janela no programa *MacEstrut* depois de guardar o seu conteúdo no disco).

Desejando **desenhar todo o pórtico**, basta seleccionar previamente todas as barras da estrutura. Neste caso são desenhadas as vigas e as secções dos pilares com as respectivas armaduras (figura 77).

## O Desenho do Betão Armado

FIGURA 77 Desenho do pórtico completo (vista parcial)



---

## Aprendizagem

---

## 2.8 Cargas Concentradas e Consolas

---

### 2.8.1 Conceitos Gerais

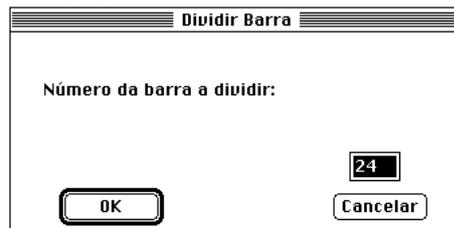
O programa não tem restrições quanto à consideração de cargas concentradas ou de consolas. Contudo, torna-se conveniente o conhecimento de algumas técnicas básicas que abordaremos nesta secção. Como já foi referido, em qualquer nó da estrutura poderão ser introduzidas cargas concentradas segundo as suas componentes  $F_x$ ,  $F_y$  e  $M$ . Pode acontecer porém que se pretenda introduzir cargas concentradas em quaisquer pontos situados ao longo de uma barra. Como também já se viu (secção 2.4.1.1, página 30), o diálogo que permite editar os parâmetros associados a uma barra prevê a possibilidade de cargas distribuídas ao longo de toda a barra (constantes, triangulares ou trapezoidais, com qualquer inclinação em relação à horizontal). Com efeito, as cargas concentradas só podem ser introduzidas em nós. Mas este facto não é restritivo, uma vez que se podem criar novos nós em qualquer ponto da estrutura.

Assim, havendo que considerar cargas concentradas situadas sobre uma barra, fora dos nós já existentes, há que criar nós nos pontos da barra em questão. Para tal basta seleccioná-la e escolher o comando **Dividir Barra...** do menu **Dados**. É visualizado o seguinte diálogo:

---

FIGURA 78

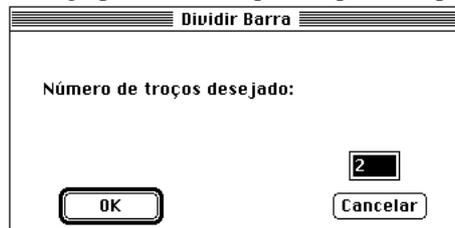
Diálogo para introduzir número da barra a dividir



Este diálogo só terá preenchido o campo com o número da barra a dividir se estiver alguma barra seleccionada na estrutura (caso contrário é necessário introduzir o número da barra). Premindo o botão **OK** é visualizado o seguinte diálogo:

FIGURA 79

Diálogo p/ indicar em quantas partes se pretende dividir uma barra



Aqui deverá ser fornecido o número de partes em que se quer dividir a barra. Normalmente esse campo vem já preenchido com o número 2, o que corresponde a dividir a barra ao meio. Se se introduzir o número 3, a barra será dividida em três partes iguais, etc. Premindo o botão **OK** a barra aparece dividida no número de partes iguais indicado. Os nós e as barras são automaticamente renumerados, aparecendo a nova configuração na janela do Esquema da Estrutura. Pode agora acontecer que os novos nós não fiquem situados na abcissa da barra em que se pretenda introduzir a respectiva carga concentrada. Qualquer nó pode ser reposicionado com qualquer uma das técnicas já expostas:

- i) Premindo a tecla **Option** e , mantendo-a sempre premida, posicionar o cursor sobre nó, pressionar o botão do rato e mover o rato com o respectivo botão sempre pressionado.
- ii) Posicionar o cursor sobre o nó e dar dois toques no botão do rato em sucessão rápida - é visualizado o diálogo que permite alterar as coordenadas do nó (para tal não deve haver mais nenhum nó seleccionado na estrutura).
- iii) Pode ainda seleccionar-se o nó e escolher o comando **Deslocar Nós...** do menu **Dados**; aí poder-se-á introduzir o valor do deslocamento a dar ao nó, na vertical e na horizontal. Este comando é aliás muito útil quando, depois de definida uma estrutura se pretenda, por exemplo, deslocar um pilar para um lado em toda a altura do edifício, ou deslocar uma viga ou conjunto de vigas para cima ou para baixo de modo a alterar a altura de um andar - basta para tal seleccionar todos os nós em questão e usar de seguida este comando, pois os deslocamentos indicados afectarão sempre todos os nós seleccionados na estrutura.

Contudo, no caso de num pórtico haver um alinhamento vertical de cargas concentradas, é mais eficiente na criação do pórtico considerar-se mais um vão, fazendo com que no alinhamento das forças concentradas

seja criado um pilar que, por não existir na realidade, é depois eliminado. Este processo tem a vantagem não só de criar mais facilmente os nós onde se pretende introduzir as cargas concentradas, mas também de efectuar à partida a numeração óptima dos nós da estrutura o que é essencial em termos de aproveitamento da memória e de rapidez de cálculo.

Pela mesma razão (versão 1.8.1 ou posterior), caso existam consolas, pode(m) ser considerado(s) mais o(s) vão(s) correspondentes na criação do pórtico e depois eliminar o pilar que é criado na extremidade livre das consolas.

Chama-se a atenção para a extrema facilidade do procedimento de eliminação de barras: basta marcá-las com o rato e depois premir a tecla *Delete*.

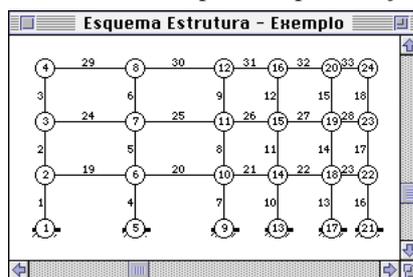
### 2.8.2 Exemplo

De seguida enumeram-se resumidamente os passos para criar uma estrutura com 3 vãos mais 1 consola, existindo uma carga concentrada em cada viga do terceiro vão:

- i) Criar estrutura com 5 vãos (3 + 1 p/ nós c/ carga concentrada + 1 p/ consola), usando o procedimento já descrito na secção 2.3, página 15:

FIGURA 80

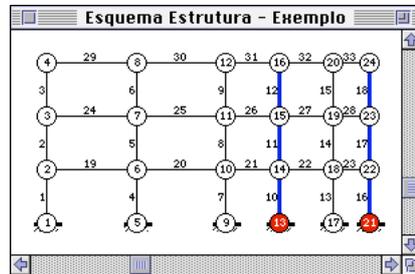
Estrutura do exemplo - 1ª aproximação



- ii) Seleccionar barras e nós a eliminar (os que na realidade não existem):

FIGURA 81

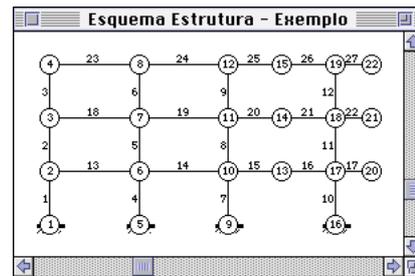
Estrutura do exemplo com objectos a eliminar seleccionados



iii) Depois de premir a tecla *Delete*:

FIGURA 82

Estrutura do exemplo na configuração final



Os nós 13, 14 e 15 servem para introduzir as cargas concentradas existente na viga do terceiro vão. As barras 17, 22 e 27 são as consolas.

## 2.9 Vigas Contínuas

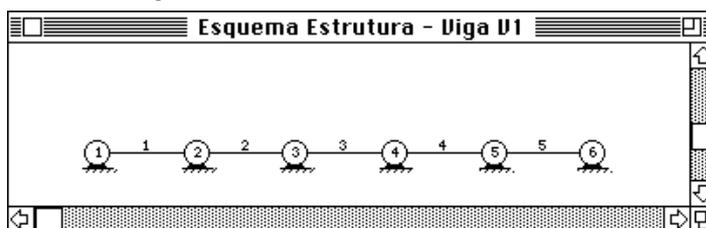
Para o programa uma viga contínua é uma estrutura normal e, portanto, é definida como outra qualquer, bastando introduzir o valor 0 para o número de andares no diálogo de criação da nova estrutura (figura 11, página 15). As acções e combinações são também definidas da forma já explicada (secção 2.4, página 30).

FIGURA 83

Diálogo para criar viga contínua

FIGURA 84

Janela com viga contínua



---

## 2.10 Lajes, Sapatas e Muros de Suporte

---

### 2.10.1 Considerações Gerais

No menu **Betão Armado** podem ser escolhidos comandos que permitem dimensionar lajes aligeiradas, lajes de escada sapatas e muros em betão armado.

Todos esses comandos fazem visualizar diálogos que têm algumas características comuns. São dotados de campos (contornados por rectângulos) permitindo editar os parâmetros necessários ao dimensionamento. Têm também alguns botões que desencadeiam determinadas acções.

Assim, o botão **Calcular** faz executar os cálculos. O botão **Guardar...** permite guardar os cálculos num ficheiro de texto. Considerando estes dois botões, quando um deles está activo o outro encontra-se desactivado. O botão **Calcular** fica desactivado sempre que se efectuem os cálculos para os dados presentes e, nesse momento, o botão **Guardar...** fica activo para permitir que se guardem em ficheiro os dados e resultados. Sempre que se altera qualquer dado num desses diálogos, os cálculos anteriores são apagados do diálogo, é activado o botão **Calcular** e desactivado o botão **Guardar...**

No caso das sapatas e dos muros de suporte existe também o botão **Desenhar...** que permite efectuar o desenho do betão armado. Nos diálogos das lajes aligeiradas e das escadas existem ainda botões **Aplicar...** que permitem aplicar as respectivas reacções de apoio sobre barras de uma estrutura que esteja aberta. Seguindo a mesma lógica, estes botões só ficam activos depois de estarem efectuados os cálculos.

Qualquer um destes diálogos permite efectuar tantos dimensionamentos quantos se desejem e, se se pretender, ir guardando as memórias dos cálculos em ficheiros de texto (premindo o botão **Guardar...** após cada cálculo). Qualquer outro comando do programa só fica disponível depois de se abandonar o diálogo (botão **Sair**).

### 2.10.2 Lajes Aligeiradas

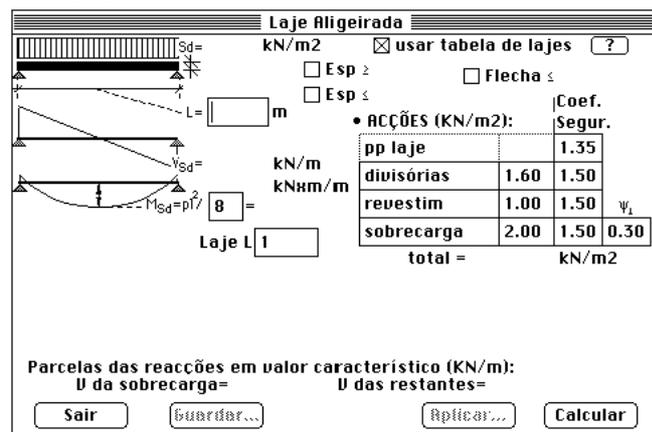
Se já fechou a estrutura introduzida com o nome de exemplo 1, abra-a usando o comando **Abrir...** do menu **Ficheiro** - certifique-se que no diálogo para abrir um ficheiro está seleccionado o botão **Estrutura**, pois não é um texto ou uma figuraa que se pretende abrir. Selecciona as barras 20,

21 e 22 tal com já fez para obter a situação representada na figura 74, página 58.

Escolha o comando **Laje Aligeirada...** do menu **Betão Armado**. É visualizado o seguinte diálogo:

FIGURA 85

Diálogo para dimensionamento de laje aligeirada



Neste diálogo basta introduzir o valor do vão da laje a dimensionar. Os outros parâmetros do dimensionamento, embora já figurem inicializados, podem ser alterados pelo utilizador. Assim, se pretender, pode alterar os valores das acções externas (divisórias, revestimento, sobrecarga) e respectivos coeficientes de segurança. O momento máximo é calculado pela expressão  $pL^2/k$ , podendo  $k$  assumir valores entre 8 e 30 (esse valor é tido em conta no cálculo da flecha).

Por defeito o programa usa uma tabela de um fabricante particular, mas o utilizador pode usar a tabela de qualquer outro fabricante para o que basta criar um ficheiro de texto com os respectivos dados num formato adequado, conforme pode ver premindo o botão **?**, e colocá-lo na mesma pasta do programa.

O dimensionamento consiste na escolha de uma laje na tabela do fabricante e pode ser ou não restringido no que se refere à espessura mínima e/ou máxima da laje e à flecha máxima. Assim, se para um vão de 2.0m se premir o botão **Calcular** sem marcar o quadrado referente a **Espessura  $\geq$** , será, por exemplo, escolhida uma laje com espessura de 0.11m. Tratando-se de uma laje para um piso de habitação pode dese-

jar-se restringir a espessura mínima de modo a não ser escolhida uma laje de espessura inferior a, digamos,  $0.18m$ . Para tal basta marcar o respectivo quadrado, escrever  $0.18m$  e premir de novo o botão **Calcular**. A laje escolhida obedecerá agora à restrição imposta (terá uma espessura não inferior ao limite indicado).

FIGURA 86

Laje aligeirada com espessura restringida

**Laje Aligeirada**

$S_d = 10.01 \text{ kN/m}^2$   usar tabela de lajes ?

$0.19$   Esp  $\geq 0.18 \text{ m}$   Flecha  $\leq$

Esp  $\leq$

$L = 2 \text{ m}$

$V_{sd} = 10.01 \text{ kN/m}$

$M_{sd} = p l^2 / 8 = 5.00 \text{ kNm/m}$

Laje L 1

ACÇÕES (KN/m²):	Coef.	Segur.
pp laje	2.30	1.35
divisórias	1.60	1.50
revestim	1.00	1.50
sobrecarga	2.00	1.50
total =	6.90	0.30

total =  $6.90 \text{ kN/m}^2$

BEIRA B2-50-19  $\rightarrow$  MRd=20.00kN.m/m URd=20.60kN/m;  
Mfctk=13.50kN.m/m  
Arm. Distrib.: #4Ø6/m Ad e Tarug.: A400  
E.L.Utiliz.: Mfend=2.8kN.m/m Flecha máx=0.5mm  $\leq$  L/400=5.0mm  
Parcelas das reacções em valor característico (KN/m):  
U da sobrecarga= 2.00 U das restantes= 4.90

Sair Guardar... Aplicar... **Calcular**

A flecha máxima é também calculada e apresentada no diálogo. Se ultrapassar o valor máximo admitido pelo regulamento, o respectivo valor aparece assinalado a cor diferente.

FIGURA 87

Laje aligeirada c/ flecha máxima excessiva (flecha não restringida)

**Laje Aligeirada**

$S_d = 10.09 \text{ kN/m}^2$   usar tabela de lajes ?

$0.16$   Esp  $\geq$   Flecha  $\leq$

Esp  $\leq$

$L = 5 \text{ m}$

$V_{sd} = 25.21 \text{ kN/m}$

$M_{sd} = p l^2 / 8 = 31.52 \text{ kNm/m}$

Laje L 1

ACÇÕES (KN/m²):	Coef.	Segur.
pp laje	2.36	1.35
divisórias	1.60	1.50
revestim	1.00	1.50
sobrecarga	2.00	1.50
total =	6.96	0.30

total =  $6.96 \text{ kN/m}^2$

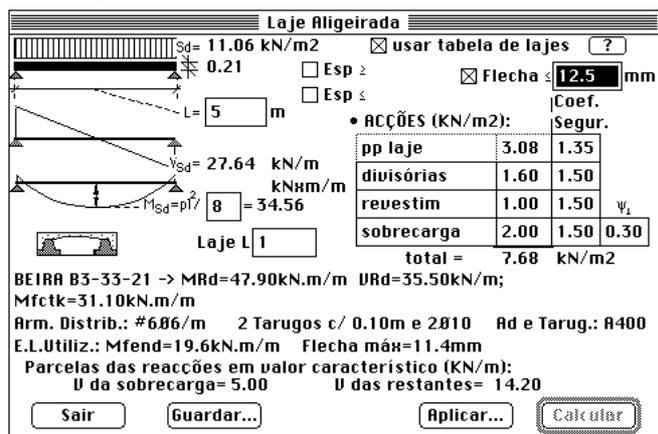
BEIRA B3-33-16  $\rightarrow$  MRd=33.70kN.m/m URd=25.70kN/m;  
Mfctk=19.50kN.m/m  
Arm. Distrib.: #6Ø6/m 2 Tarugos c/ 0.10m e 2Ø10 Ad e Tarug.: A400  
E.L.Utiliz.: Mfend=17.4kN.m/m Flecha máx=22.2mm  $>$  L/400=12.5mm !  
Parcelas das reacções em valor característico (KN/m):  
U da sobrecarga= 5.00 U das restantes= 12.40

Sair Guardar... Aplicar... **Calcular**

Para se restringir o valor da flecha de modo a não ser ultrapassado o valor regulamentar (ou outro especificado pelo utilizador) torna-se também necessário marcar o respectivo quadrado no dálogo:

FIGURA 88

Diálogo para cálculo de laje com a flecha restringida



Como já se referiu, o utilizador pode ir guardando os cálculos em ficheiro de texto. No caso das lajes aligeiradas, a primeira vez que se pressiona o botão **Guardar...** é visualizado o diálogo para introdução do nome pretendido para o ficheiro. Para as lajes seguintes, basta premir esse botão, pois os cálculos vão sendo guardados no mesmo ficheiro (no diálogo vai sendo indicado o número de lajes já guardadas). Ao premir o botão **Sair**, é visualizado de novo um diálogo permitindo guardar um texto com um resumo de todos os cálculos efectuados que ficarão sob a forma de tabela. Em cada linha são escritas as características de uma laje (designação, esforços de cálculo, valores resistentes, tarugos, armaduras de distribuição, designação comercial, etc.). Como também já se referiu estes textos podem ser abertos com qualquer editor de texto ou com o *MacEstrut*. Neste caso, ao escolher o comando **Abrir...** deverá ser pressionado o botão **Texto**, pois esses ficheiros são do tipo texto (aliás, se estiver uma estrutura aberta o programa só permite a abertura de ficheiros do tipo texto ou figura)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>. Ter em atenção que, sempre que se deseje abrir com outro programa um ficheiro de texto ou figura criados pelo *MacEstrut*, esse ficheiro não pode estar nesse momento aberto no *MacEstrut* (isto é, um ficheiro não pode estar aberto simultaneamente por mais do que um programa).

Ao dimensionar-se uma laje com o programa, podem as respectivas reacções de apoio serem aplicadas automaticamente sobre quaisquer barras de uma estrutura que esteja aberta. Para tal, quando se está a dimensionar a laje, basta pimir o botão **Aplicar...** no respectivo diálogo, sendo visualizado um novo diálogo:

FIGURA 89

Aplicar reacções de laje aligeirada sobre vigas de estrutura

Aplicar carga em barra(s)				
Barra(s) onde aplicar a carga (Ex.: 5;6;10;12):				
20;21;22				
<input checked="" type="radio"/> Adicionar aos valores existentes ... <input type="radio"/> Substituir valores existentes ...				
Valores do cálculo	Factor multiplicativo	Carga a aplicar	Nr. da acção a afectar (2 a 8)	
Perm. 7.200	1.000	7.200	2	Permanentes
Sobrec. 3.000	1.000	3.000	3	Sobrecarga
<input type="button" value="Cancelar"/>		<input type="button" value="OK"/>		

Repare que, tendo a estrutura aberta e nela seleccionadas as barras 20, 21 e 22, os números destas barras aparecem já indicados no respectivo campo. Contudo, para aplicar as reacções também em barras que não estejam seleccionadas na estrutura, basta escrever os respectivos números a seguir, separados por ‘;’.

As reacções tanto podem ser adicionadas a acções existentes, como podem substitui-las - basta para tal pressionar o botão respectivo. Os seus valores podem também ser multiplicados por um factor (útil, por exemplo, no caso de existirem duas lajes de igual vão sobre as mesmas vigas, caso em que esse factor deveria ser 2.0).

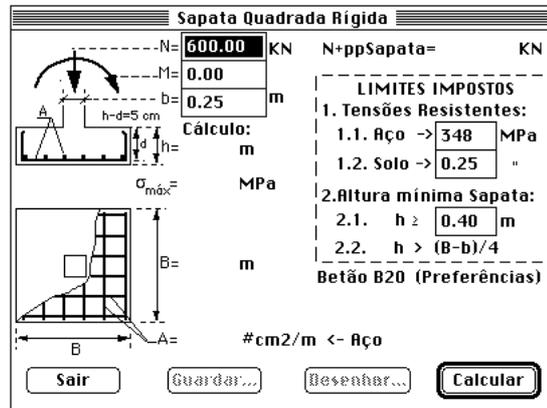
### 2.10.3 Escadas

O diálogo para dimensionar uma escada permite a introdução dos necessários parâmetros:



FIGURA 91

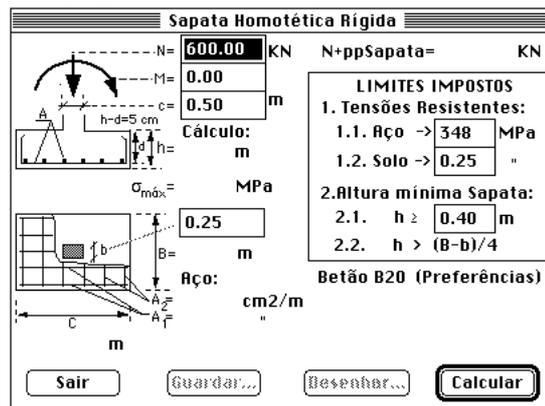
Diálogo para dimensionar sapata quadrada



Se estiver uma estrutura aberta tendo os esforços calculados, pode dimensionar-se facilmente uma sapata para um dos seus apoios ou conjunto de apoios. seleccionando-de na estrutura um apoio e escolhendo no menu **Betão Armado** o comando **Sapata...** e nele um dos sub-comandos **Quadrada** ou **Homotética**, é visualizado o respectivo diálogo já preenchido com os valores mais desfavoráveis dos esforços para o apoio seleccionado. Se estiverem vários apoios seleccionados, no diálogo da sapata figurarão os esforços mais desfavoráveis para o conjunto desses apoios.

FIGURA 92

Diálogo para dimensionar sapata homotética



O botão **Desenhar...** permite desenhar os pormenores de betão armado da sapata depois desta estar calculada. Antes disso, porém, é visualizado um diálogo onde se pode escolher, nomeadamente, o diâmetro mínimo pretendido:

FIGURA 93

Diálogo para escolher parâmetros p/ betão armado de sapata

**Desenho Sapata Quadrada**

**Ø Mínimo:**

- Ø 6
- Ø 8
- Ø 10
- Ø 12
- Ø 16
- Ø 20
- Ø 25
- Ø 32

**ESCALA:**

- 1:5
- 1:10
- 1:20
- 1:25

**MATERIAIS: B20/A400**

Mesmo Ø nas 2 direcções

**Afastam. mínimo dos varões:** 0.075 m

**Afastam. Máximo dos varões:** 0.25 m

Medir Varões

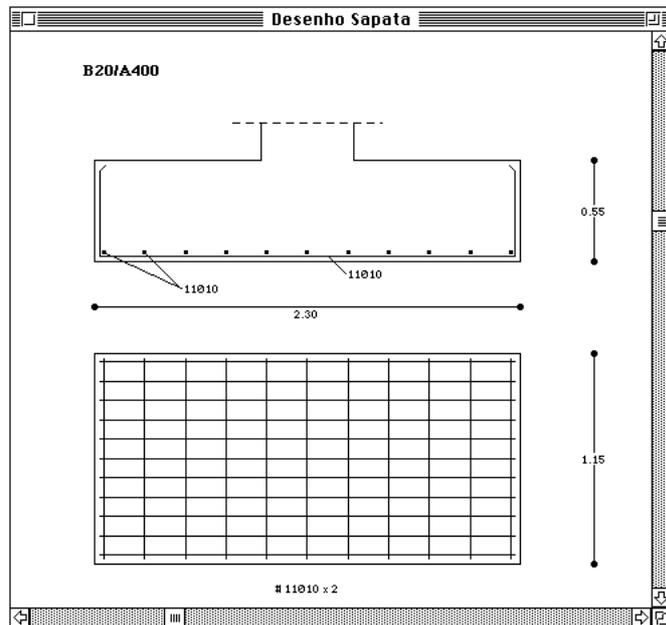
**Designação p/ desenho:**

Cancelar OK

Depois de premir o botão **OK** é aberta nova janela com o desenho:

FIGURA 94

Janela com desenho de sapata



### 2.10.5 Muros de Suporte

O comando **Muro de Suporte...** do menu **Betão Armado** faz visualizar um diálogo para dimensionamento deste tipo de estruturas. Qualquer parâmetro referente à espessura da base da parede e ao comprimento da sapata pode ser nulo (desde que a espessura total da parede ou o compri-

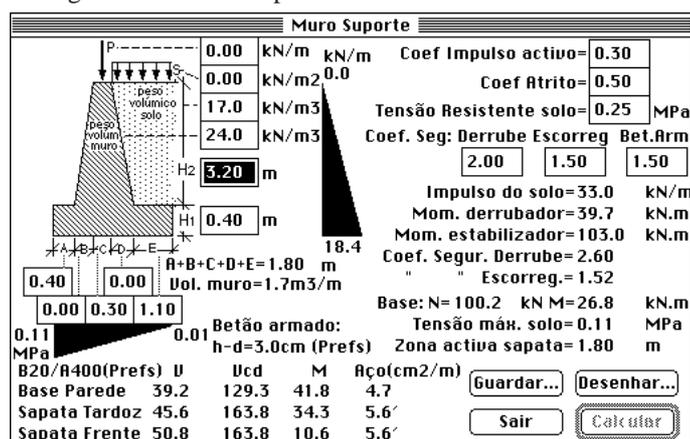
mento total da base da sapata não sejam nulos), o que permite a definição de diversas formas de muros. Assim, a parede tanto pode ser de secção rectangular como trapezoidal. A sapata pode também ser ou não saliente para ambos os lados da parede.

O peso volúmico do solo e do material do muro são também dois parâmetros a fornecer. Com eles são calculados automaticamente o impulso de terras (com o parâmetro coeficiente de impulso activo) e o peso próprio do muro e do solo sobre o muro.

No esquema de cálculo prevê-se a possibilidade da existência de uma carga sobre o coroamento da parede e de uma sobrecarga sobre a superfície do solo.

FIGURA 95

Diálogo com muro de suporte calculado



O botão **Guardar...** permite guardar uma memória descritiva com os cálculos. Esse texto pode ser posteriormente aberto com o programa ou com qualquer editor de texto. Premindo o botão **Desenhar...** o programa efectua o desenho do betão armado - neste caso é visualizado um diálogo (figura 96) onde pode ser especificado o valor do diâmetro mínimo a usar nos varões.

FIGURA 96

Especificar parâmetros p/ desenho de betão armado do muro

**Desenho Muro**

**Ø Mínimo:**

- Ø 6
- Ø 8
- Ø 10
- Ø 12
- Ø 16
- Ø 20
- Ø 25
- Ø 32

**ESCALA:**

- 1:5
- 1:10
- 1:20
- 1:25

**MATERIAIS: B20/A400**

Afastam. mínimo dos varões:  m

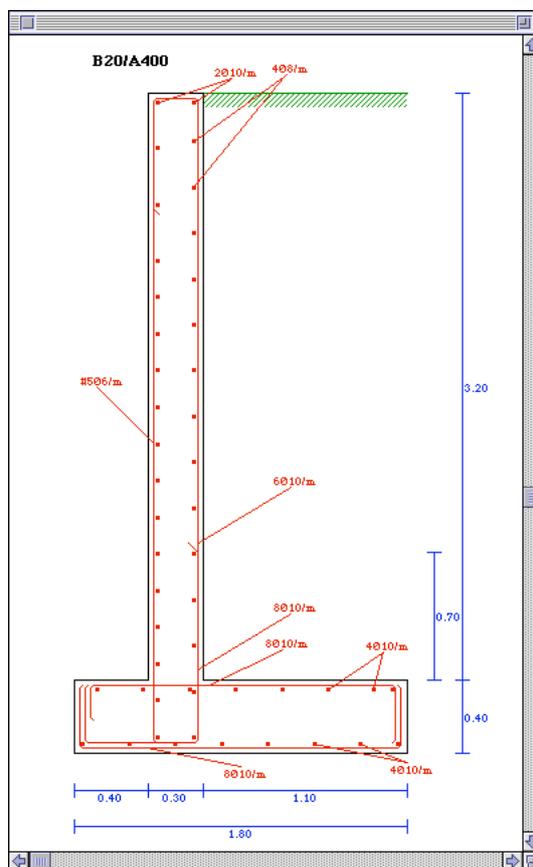
Afastam. Máximo dos varões:  m

Designação p/ desenho:

Depois de indicar os parâmetros e premir o botão **OK** é visualizada uma nova janela com o desenho:

FIGURA 97

Desenho de betão armado de muro



Sempre que, ao premir o botão **Calcular**, não seja verificada a segurança externa (derrube, escorregamento ou tensões no solo) ou interna (betão armado), é escrita no diálogo, a cor vermelha, uma frase a avisar (figura 98). Neste caso não se podem guardar os cálculos ou efectuar o desenho (os respectivos botões ficam desactivados).

FIGURA 98

Dimensionamento muro - não é verificada a segurança

**Muro Suporte**

0.00	kN/m	kN/m	Coef Impulso passivo=	0.30
0.00	kN/m <sup>2</sup>		Coef Atrito=	0.50
17.0	kN/m <sup>3</sup>		Tensão Resistente solo=	0.25 MPa
24.0	kN/m <sup>3</sup>		Coef. seg: Derrube	2.00
			Escorreg	1.50
			Bet.Arm	1.50
4.20	m		Impulso do solo=	54.0 kN/m
0.40	m		Mom. derrubador=	82.7 kN.m
			Mom. estabilizador=	130.4 kN.m
			Coef. Segur. Derrube=	1.58
			" " Escorreg.=	1.17
			Base: N=	126.1 kN
			M=	65.8 kN.m
			Tensão máx. solo=	0.22 MPa
			Zona activa sapata=	m

0.40 0.00 0.30 1.10 A+B+C+D+E=1.80 m

**NÃO VERIFICA**  
Derrube e Escorregamento!

MPa

Base Parede  
Sapata Tardoz  
Sapata Frente

Guardar... Desenh...  
Sair Calcular

## 2.11 Outros Comandos para Cálculo de Betão Armado

---

No menu Betão estão permanentemente disponíveis os comandos **Flexão Simples...**, **Flexão Composta...** e **Torção...**, que permitem calcular as áreas de aço dados os esforços e as dimensões de uma secção. O seu uso é intuitivo: basta alterar os parâmetros e pressionar o botão **Calcular**.

O botão  $\rightarrow\emptyset$  faz visualizar um diálogo onde se pode ver uma área de aço materializada em varões, nos diversos diâmetros comerciais. Este diálogo apenas indica:

- i) o número mínimo de varões que seria necessário para perfazer a área de aço em questão (não atendendo, assim, a restrições de carácter construtivo impostas pelo REBAP) e
- ii) o desperdício em termos de área absoluta e percentual para cada caso:

---

FIGURA 99

Materialização de área de aço em varões de  $\emptyset$  comercial

Aço->Varões			
área mínima=		<input type="text" value="5.59"/>	cm2
Soluções	Desperdício		
	área	$\Delta$ área	$\Delta$ %
2006	5.65	0.06	1.13
1208	6.03	0.44	7.87
8010	6.28	0.69	12.36
5012	5.65	0.06	1.13
3016	6.03	0.44	7.87
2020	6.28	0.69	12.36
2025	9.82	4.23	75.57
1032	8.04	2.45	43.82

Neste diálogo basta alterar a área de aço para se ver imediatamente o novo número de varões de cada diâmetro.



## 2.12 Cruzamento de Pórticos

---

É frequente um pilar encontrar-se na intersecção de dois pórticos e ser necessário, por isso, considerar para o seu dimensionamento os esforços existentes nos dois planos. Nesta secção será descrito o modo de efectuar automaticamente o tratamento dos esforços existentes em dois planos perpendiculares, para dimensionamento de pilares. Esta versão do programa permite, com uma estrutura aberta, importar, para quaisquer dos seus pilares, esforços pré-calculados em pilares de outros pórticos que com ele se cruzam. Esta operação, a que chamaremos também "cruzamento" (de pórticos), permite, assim, considerar em simultâneo os esforços ( $NN$  e  $MM$ ) existentes em dois planos perpendiculares para o dimensionamento dos pilares.

### 2.12.1 Princípios do método usado

Para "cruzar" dois pórticos torna-se necessário indicar para os pilares de um deles quais os pilares de outros pórticos que lhes correspondem. Assim, para cada pilar é necessário efectuar uma correspondência entre números de barras de dois pórticos que, na realidade, correspondem a uma mesma barra.

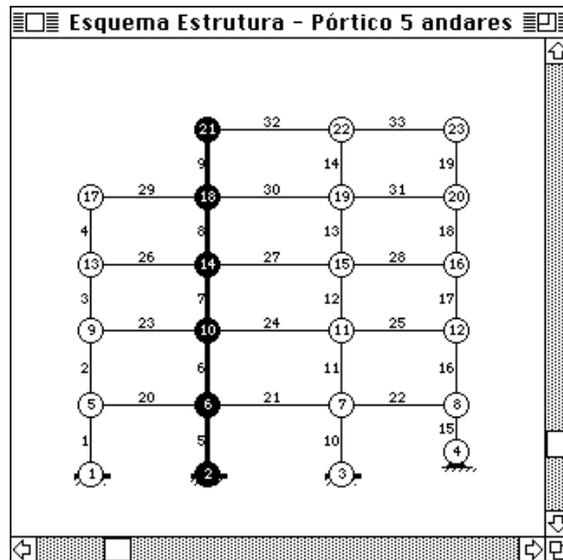
Por outro lado, torna-se necessário também "cruzar" as combinações de acções nos dois planos, isto é, indicar qual a combinação de um plano que ocorrerá em simultâneo com a combinação de outro plano. Neste caso há que ter certos cuidados, pois, por exemplo, pode não ter correspondência real certa associação de combinações (por exemplo, duas combinações em planos perpendiculares incluindo ambas a acção sísmica).

### 2.12.2 Exemplificação

Considere-se aberta uma determinada estrutura (um pórtico), como a que se representa na figura 100, em que se pretende cruzar o pilar composto pelas barras 5, 6, 7, 8 e 9 com o pilar que lhe corresponde numa outra estrutura definida no plano perpendicular, a qual já foi guardada no disco com os esforços calculados. Para tal, em primeiro lugar, devem ser seleccionadas todas as barras que compõem o pilar a cruzar como se representa na figura 100.

FIGURA 100

Estrutura em estudo com barras seleccionadas



Em seguida escolher o comando **Cruzar Pórticos...** do menu **Dados**:

FIGURA 101

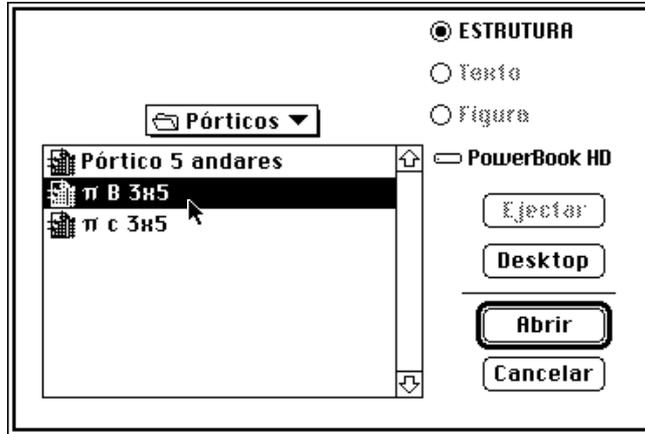
O comando Cruzar Pórticos... do menu Dados



Deve então ser seleccionada a estrutura a cruzar com esta (que deve existir em ficheiro no disco, com os esforços calculados) e que, portanto, se situa no plano perpendicular. Para tal é visualizado o diálogo representado na figura 102 onde deve ser seleccionada aquela estrutura - suponhamos que se tratava neste caso do pórtico designado por “ $\pi$  B 3x5”.

FIGURA 102

Diálogo para seleccionar estrutura perpendicular

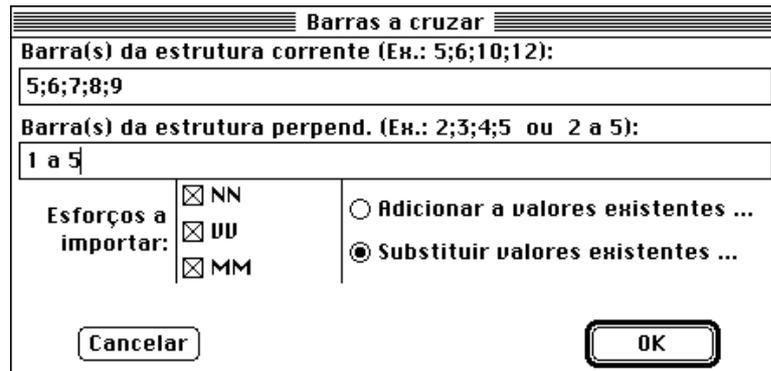


Premindo o botão **Abrir**, é inicializado o processo de importação de esforços. Mas torna-se necessário indicar também quais as barras da estrutura “ $\pi$  B 3x5” que correspondem às que estão seleccionadas na estrutura corrente, e, ainda, a correspondência entre combinações de acções.

O primeiro destes aspectos é tratado com o diálogo que é imediatamente visualizado (figura 103):

FIGURA 103

Diálogo para definir correspondência entre barras a cruzar



Aqui devem ser indicados:

- i) os números das barras da estrutura corrente, os quais aparecerão já escritos se essas barras tiverem sido seleccionadas previamente (figura 100);

- ii) os números das barras da estrutura perpendicular correspondentes às anteriores.

Qualquer destes dois conjuntos de barras pode ser enumerado quer exaustivamente, com números separados por “;” (por exemplo, “1;2;3;4;5”), como fornecidos sob a forma de intervalo (por exemplo, “1 a 5”), o que se torna possível (e é muito mais fácil) somente nos casos em que a respectiva numeração é seguida.

Neste diálogo podem também ser seleccionados os esforços a importar (*NN* e/ou *VV* e/ou *MM*), podendo ainda ser indicado se se pretende ou não adicioná-los a esforços que possam ter sido já importados. Note-se que o esforço axial e o momento flector serão considerados no dimensionamento do betão armado dos pilares.

Premindo o botão **OK**, é visualizado outro diálogo no qual se deve indicar quais as combinações da estrutura perpendicular de onde se pretende importar esforços para qualquer das combinações da estrutura corrente:

FIGURA 104

Diálogo para definir correspondência entre combinações

Correspondência entre Combinações nos 2 Planos	
Combinacões - Pórtico 5 andares	Combinacões - π B 3x5
<input checked="" type="checkbox"/> 1- 1.35κPeso p. + 1.35κPerman. + 1.5κSobrec.	<input type="checkbox"/> 1- 1.35κPESO p. + 1.35κPERMan. + 1.5κSOBRec.
<input checked="" type="checkbox"/> 2- Peso p. + Perman. + .2κSobrec. + 1.5κSismo	<input type="checkbox"/> 1- 1.35κPESO p. + 1.35κPERMan. + 1.5κSOBRec.
<input checked="" type="checkbox"/> 3- Peso p. + Perman. + .2κSobrec. - 1.5κSismo	<input type="checkbox"/> 1- 1.35κPESO p. + 1.35κPERMan. + 1.5κSOBRec.
<input type="checkbox"/> 4- -- (não definida) --	
<input type="checkbox"/> 5- -- (não definida) --	
<input type="checkbox"/> 6- -- (não definida) --	
<input type="checkbox"/> 7- -- (não definida) --	

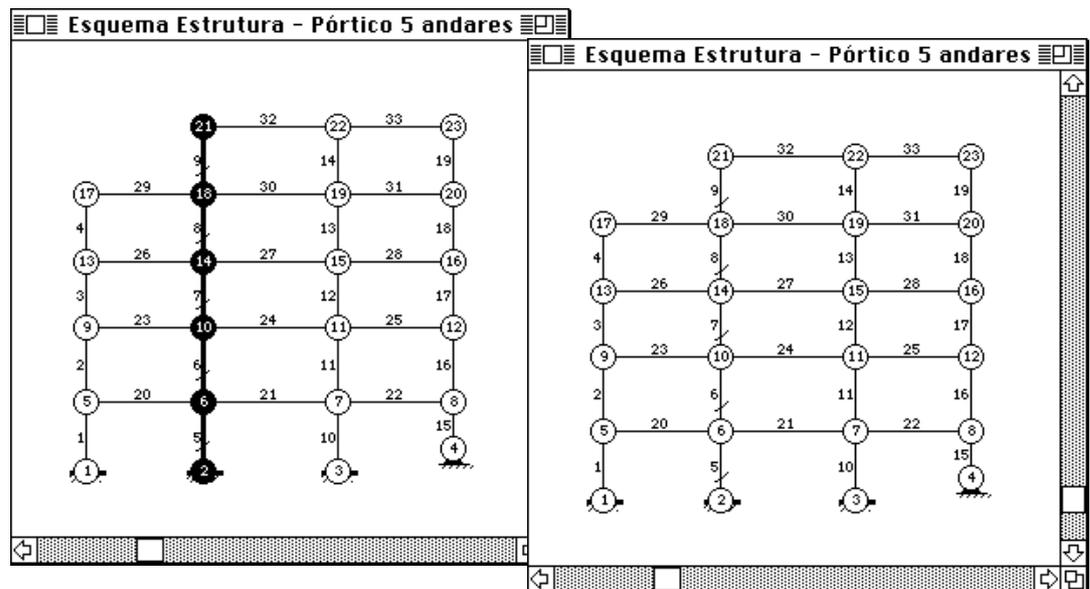
Note-se que neste diálogo apenas é possível importar esforços de combinações existentes na estrutura perpendicular para combinações que estejam definidas na estrutura corrente (para definir mais combinações na

estrutura corrente deverá ser usado o comando **Combinações...** do menu **Dados**).

Após efectuada a importação, as barras afectadas aparecerão “cruzadas” com um pequeno traço inclinado no esquema da estrutura (figura 105).

FIGURA 105

Estrutura com barras cruzadas devidamente assinaladas



Os esforços importados podem ser posteriormente visualizados em diálogo próprio. Por exemplo, posicionando o cursor sobre a barra 7 e premindo o botão do rato duas vezes em sucessão rápida, é visualizado o diálogo da figura 106 onde, premindo o botão **Plano Perpend.** faz-se visualizar novo diálogo com os esforços importados do plano perpendicular para essa barra (figura 107).

FIGURA 106

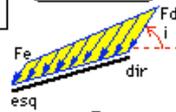
Diálogo da barra

**BARRA 7**

• Nós  
 Extremos: Esquerdo = 10  
 Direito = 14

• Secção: Mais ...  
 Largura = 0.30000 m  
 Altura = 0.30000 m  
 M. Elast.: E = 27.500 GPa  
 Peso volúm. = 25.000 kN/m<sup>3</sup>

• Acções Distribuídas (kN/m):  
 Copiar acções...  
 Plano Perpend.



	Fe	Fd	Fd=Fe	i (°)	i=90°
1- Peso próprio	2.250	2.250	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
2- Permanentes	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
3- Sobrecarga	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
4- Sismo	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
5-	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
6-	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
7-	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>
8-	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	90.000	<input checked="" type="checkbox"/>

Note-se que todos os valores dos esforços importados são editáveis nesse diálogo, podendo, portanto, ser directamente alterados pelo utilizador.

FIGURA 107

Diálogo com esforços importados do plano perpendicular

**Esforços no plano perpendicular - barra 7**

• Nós Extremos: Esquerdo = 10  
 Direito = 14

Esforços importados de: B 3x2

Combi- nação	no extremo Esquerdo			no extremo Direito		
	N	U	M	N	U	M
1-	-22.87	166.83	-172.70	-22.87	-111.60	-111.60
2-	-470.49	-22.19	36.78	-461.30	-22.19	-22.19
3-	-142.64	2.19	0.00	-136.51	2.19	2.19
4-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

O esforço axial e momento flector importados do plano perpendicular para pilares serão automaticamente considerados nos cálculos de betão armado (armaduras) dessas barras. Só os esforços axiais importados do

---

## Cruzamento de Pórticos

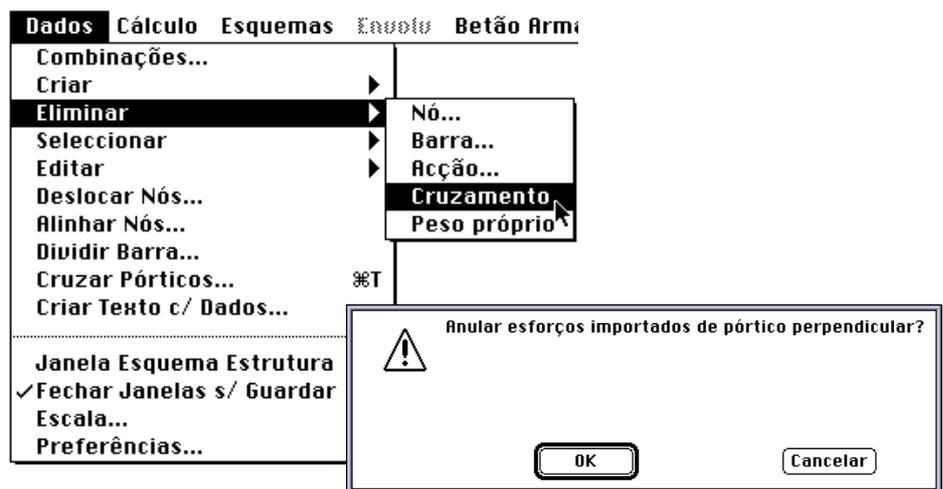
---

plano perpendicular para pilares serão automaticamente considerados nos cálculos de sapatas.

Para anular todos os esforços importados para as barras de uma estrutura, bastará, com esta aberta, escolher o comando **Eliminar Cruzamento...** do menu **Dados** e, depois, confirmar:

FIGURA 108

O comando Eliminar Cruzamento... do menu Dados

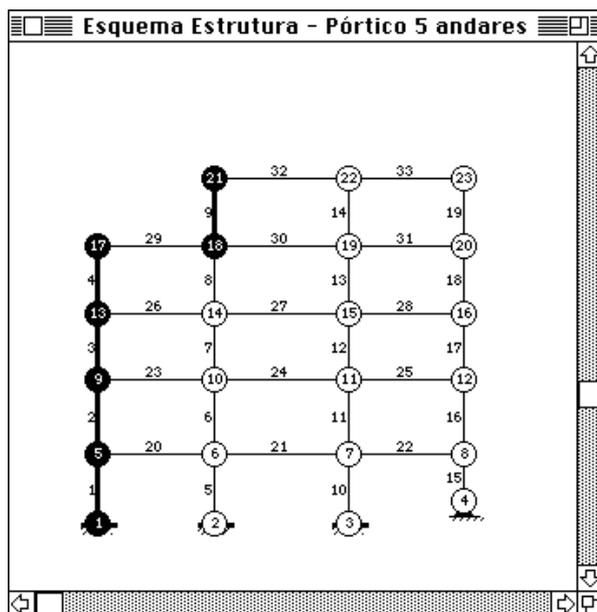


## 2.13 Cálculo da Acção do Vento

Para calcular a acção do vento devem ser seleccionadas previamente as barras correspondentes à fachada onde este actua:

FIGURA 109

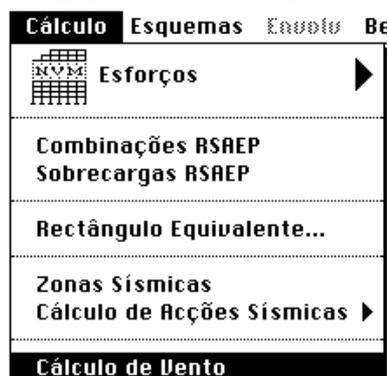
Estruturas com barras seleccionadas



Depois deve escolher-se o comando **Cálculo de Vento** (menu **Cálculo**):

FIGURA 110

O comando Cálculo de Vento



No diálogo que é visualizado deverão ser definidos os seguintes dados:

- i) zona do território;
- ii) rugosidade do solo;
- iii) coeficiente de pressão;
- iv) largura de influência do pórtico;

## Cálculo da Acção do Vento

- v) cota do nível do solo (que vem, por defeito, igual à coordenada vertical mínima das barras seleccionadas, podendo ser indicado outro valor);
- vi) os números das barras correspondentes à fachada onde actua o vento (que, por defeito, são os números das barras seleccionadas);
- vii) o número da acção onde vai ser guardada a acção do vento a calcular (que, por defeito, é o número da primeira acção vazia).

FIGURA 111

Diálogo para cálculo da acção do vento

**Ventos**

Zona:  A  B      Rugosidade:  I  II

Coeficiente de pressão ( $\alpha_p$ ): 0.5

Largura de influência do pórtico: 5 m

Cota do nível do solo: 0.00 m

Barra(s) correspondentes à fachada onde actua o vento  
(Ex.: 2;3;4;5 ou 2 a 5):

1;2;3;4;9

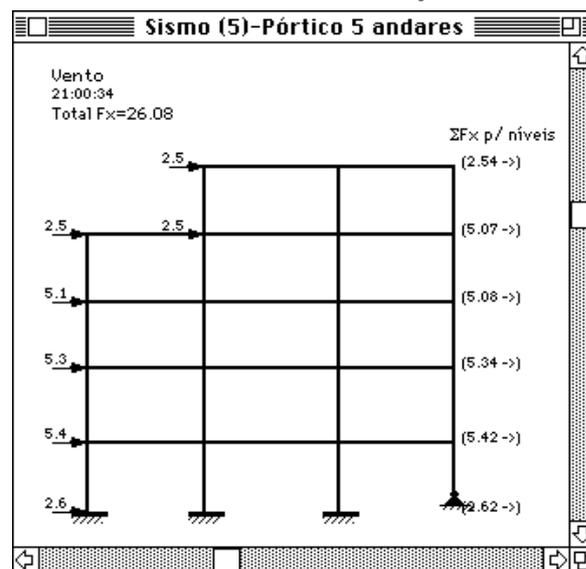
Nr da acção onde fica a acção Vento: 5

Cancelar      OK

O resultado do cálculo é apresentado numa nova janela onde, além das forças concentradas nos nós, são também representados os respectivos somatórios por andares e total:

FIGURA 112

Janela com resultado do cálculo da acção do vento sobre o pórtico



---

## 2.14 Desprezar o Peso Próprio das Barras

---

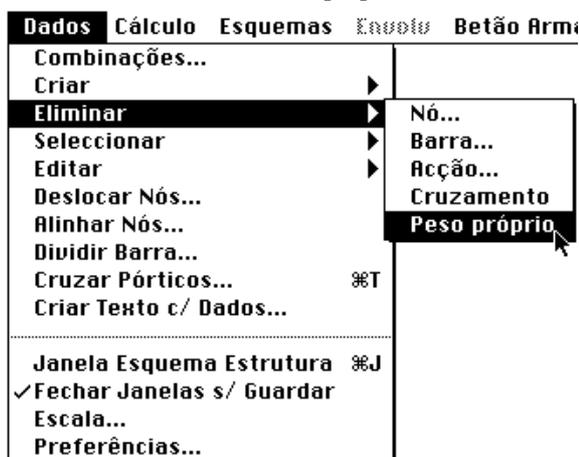
Para um maior rigor, pode o utilizador pretender desprezar o peso próprio dos pilares em qualquer dos pórticos que depois vai cruzar com outro, a fim de esse peso próprio não ser considerado duas vezes. Isto torna-se possível, dado que esta versão do programa permite introduzir para peso volúmico de cada barra, no respectivo diálogo (ver figura 106, página 86), qualquer valor (não negativo).

Para facilitar esta tarefa, especialmente quando é dirigida a várias barras, existe também o comando **Eliminar -> Peso próprio**, no menu **Dados**:

---

FIGURA 113

O comando Eliminar -> Peso próprio, no menu Dados



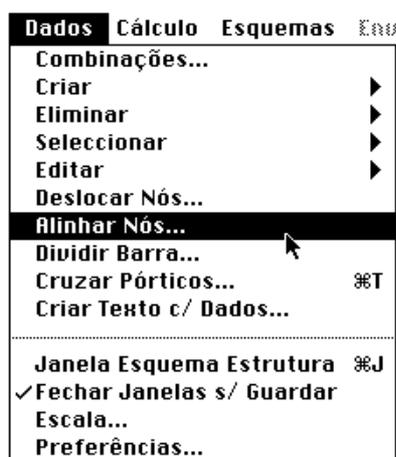
Neste caso, há apenas que seleccionar previamente as barras cujo peso próprio se pretende eliminar.

## 2.15 Alinhar Nós

O comando **Alinhar Nós** existe no menu **Dados** e permite efectuar o alinhamento e distribuição de qualquer conjunto de nós pré-seleccionados, sobre um segmento de recta.

FIGURA 114

O comando **Alinhar Nós**, no menu **Dados**

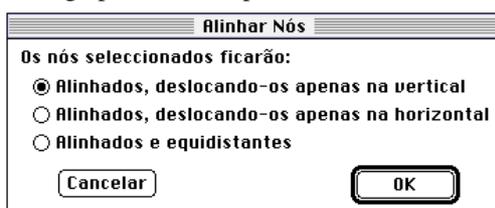


Os nós ficarão dispostos de acordo com a opção seleccionada no diálogo que é visualizado após ser escolhido este comando (figura 115):

- i) sobre o segmento de recta que une os nós mais afastados na horizontal, no caso de se pretender alinhá-los deslocando-os apenas segundo a vertical, ou
- ii) sobre o segmento que une os nós mais afastados na vertical, no caso de se pretender alinhá-los deslocando-os apenas segundo a horizontal, ou
- iii) sobre o segmento de recta que une os nós mais afastados na horizontal, no caso de se pretender alinhá-los e torná-los equidistantes entre si na horizontal.

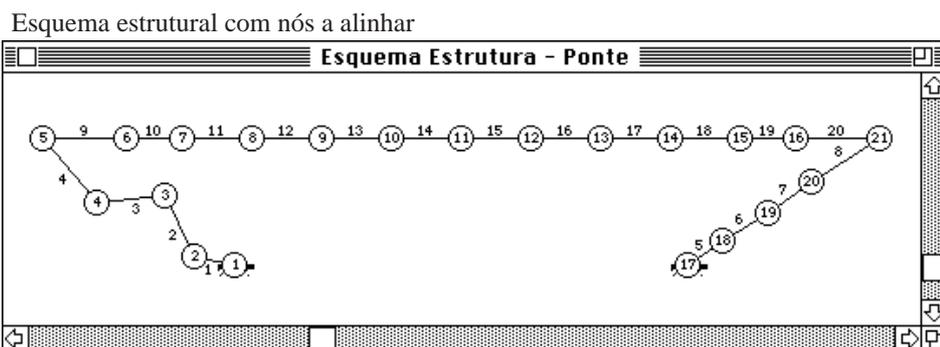
FIGURA 115

Diálogo para definir tipo de alinhamento



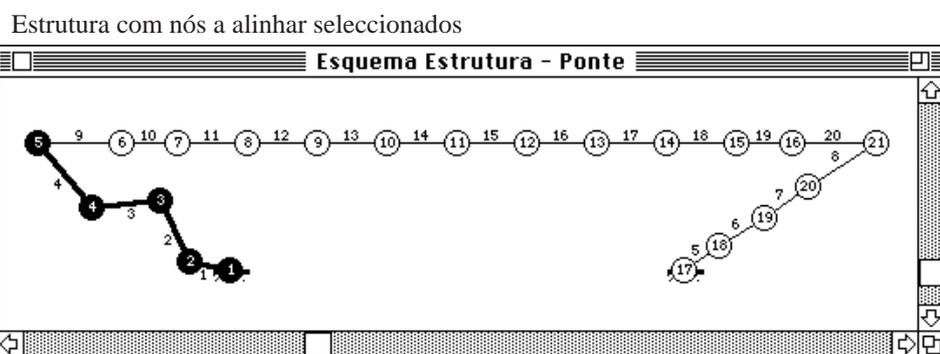
Como exemplo, suponhamos que temos o seguinte esquema estrutural de uma obra de arte em que as barras inclinadas são compostas por vários segmentos (eventualmente com secções diferentes) e as barras 1 a 4 deverão ser posicionadas de forma a ficarem no mesmo alinhamento recto:

FIGURA 116

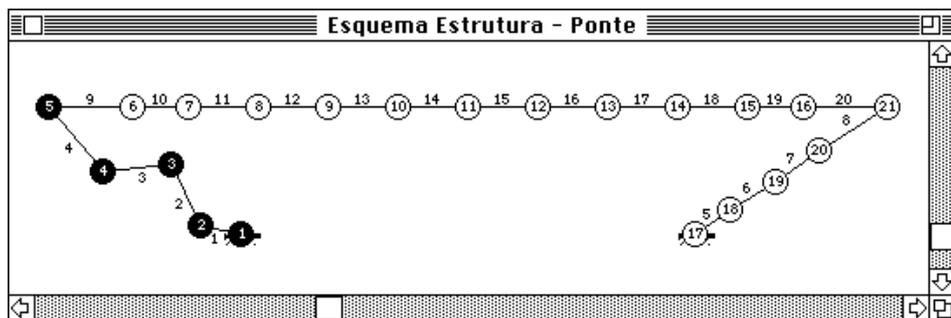


Deverão ser seleccionados os nós a alinhar, e só estes (as barras podem estar ou não seleccionadas):

FIGURA 117



ou



---

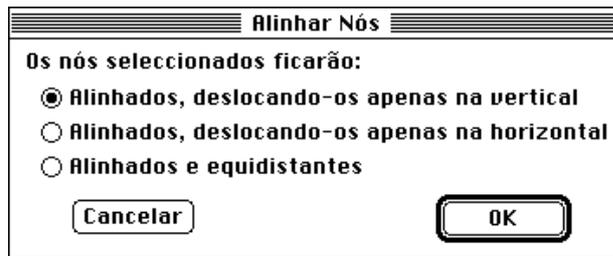
## Alinhar Nós

---

Depois de ser escolhido o respectivo comando no menu Dados:

FIGURA 118

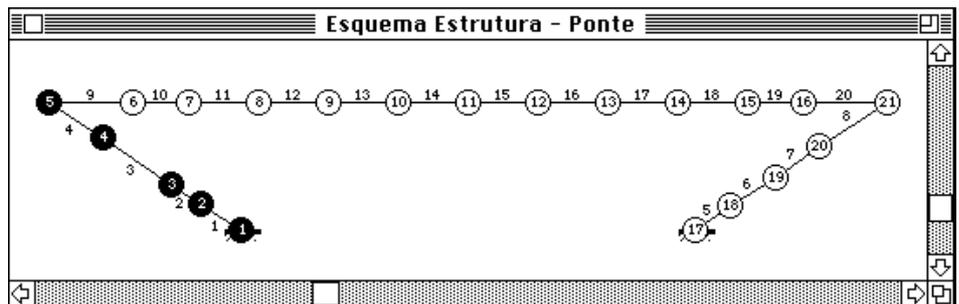
Diálogo para alinhar nós seleccionados



Virá como resultado:

FIGURA 119

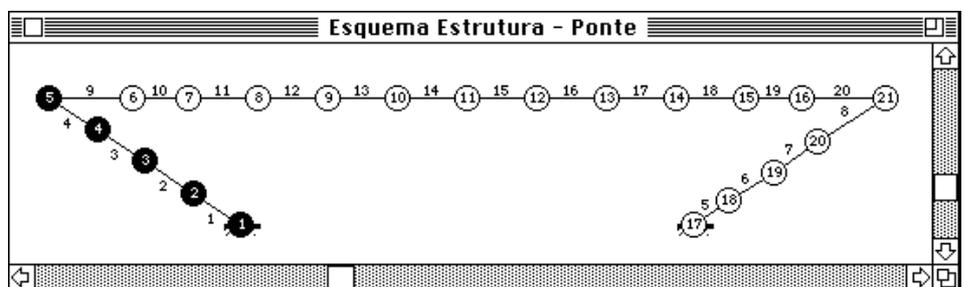
Nós alinhados, depois de deslocados apenas na vertical



Contudo, sendo seleccionada a opção "Alinhados e equidistantes", viria o seguinte resultado:

FIGURA 120

Nós alinhados e equidistantes





---

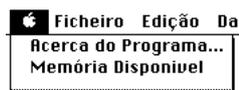
Far-se-á neste capítulo a descrição pormenorizada dos diversos menus do programa e dos respectivos comandos; são também descritas outras particularidades, nomeadamente os sistemas de eixos usados e as unidades.

## 3.1 Os Menus e Comandos do Programa

### 3.1.1 Menu da Maçã

FIGURA 121

O menu da Maçã



#### 3.1.1.1 Acerca do Programa

Mostra um diálogo com a identificação geral do programa.

#### 3.1.1.2 Memória Disponível

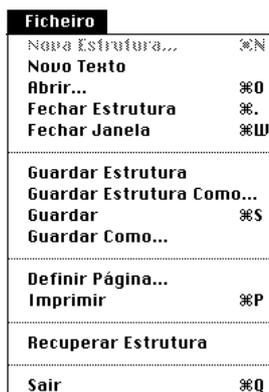
Mostra um diálogo com a informação sobre a memória (RAM) disponível nesse momento.

Nas restantes posições deste menu aparecem os acessórios instalados pelo utilizador.

### 3.1.2 Menu Ficheiro

FIGURA 122

O menu Ficheiro



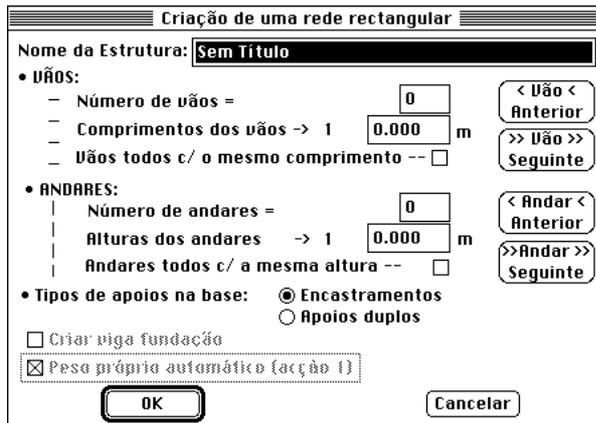
#### 3.1.2.1 Nova Estrutura...

Mostra um diálogo para a definição geométrica básica de uma nova estrutura (ver também secção 2.3, página 15). Com base nos elementos fornecidos é criada uma rede que corresponde a um pórtico regular, a qual

poderá ser depois alterada pelo utilizador de modo a conseguir outra configuração, através da eliminação ou adição de nós e/ou barras, usando para tal as facilidades oferecidas pelo programa.

FIGURA 123

Diálogo para criação de uma nova estrutura



### 3.1.2.2 Novo Texto

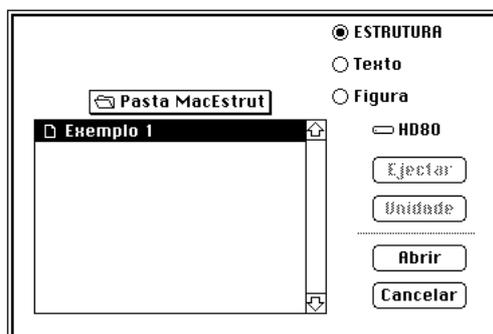
Abre uma nova janela onde o utilizador pode digitar um texto.

### 3.1.2.3 Abrir...

Mostra um diálogo que permite abrir um documento existente - uma estrutura, um texto ou uma figura (em cada momento só uma estrutura pode estar aberta, embora se possam ter abertas em simultâneo com ela várias janelas com textos e/ou figuras criados pelo programa):

FIGURA 124

Diálogo para abrir um documento



**3.1.2.4 Fechar Estrutura**

Fecha a estrutura em utilização; se efectuou alterações, visualiza um diálogo perguntando se pretende guardá-las.

**3.1.2.5 Fechar Janela**

Fecha a janela em utilização.

**3.1.2.6 Guardar Estrutura**

Guarda a estrutura em utilização (ver também secção 2.3.6, página 28).

**3.1.2.7 Guardar Estrutura Como...**

Mostra um diálogo permitindo guardar a estrutura em utilização usando um novo nome (ver também secção 2.3.6, página 28).

**3.1.2.8 Guardar**

Permite guardar em disco um texto ou uma figura (esquema com diagramas, deformada, etc.) criados com o programa e que é visualizado(a) na janela do programa que está activa nesse momento.

**3.1.2.9 Guardar Como...**

Mostra um diálogo permitindo guardar um texto ou uma figura criados ou abertos no programa usando um novo nome (esquema com diagramas, deformada, etc.).

**3.1.2.10 Definir Página...**

Mostra um diálogo permitindo seleccionar o tipo de papel a usar na impressora (contínuo, A4, etc).

**3.1.2.11 Imprimir**

Permite a impressão de documentos (conteúdo da janela activa).

**3.1.2.12 Recuperar**

Permite recuperar todos os dados iniciais da estrutura em utilização (correspondentes à última vez em que ela foi guardada em disco), mesmo após ter efectuado quaisquer alterações (ver também secção 2.6.2, página 56).

**3.1.2.13 Sair**

Permite sair do programa. Se alterou a estrutura em utilização, visualiza um diálogo permitindo guardar em disco os novos dados.

### 3.1.3 Menu Edição

FIGURA 125

O menu Edição



Os cinco primeiros comandos permitem efectuar operações standard num texto aberto com o programa. O comando copiar permite copiar também para o clip o conteúdo de qualquer janela com gráficos e colá-lo num ficheiro aberto com outra aplicação.

#### Opções

Mostra um diálogo permitindo ao utilizador definir as especificações do formato de textos (nomeadamente ficheiros com resultados) e figuras criados pelo programa (ver também secção 2.2, página 11). Assim os ficheiros com textos poderão ser armazenados nos formatos *MacEstrut*, *MacWrite*, *Word* ou *Edit*. Os ficheiros com figuras poderão ter os formatos de *MacEstrut*, *MacDraw*, *SuperPaint* ou *Claris CAD*. Após convertido para um destes formatos, o ficheiro poderá posteriormente ser aberto automaticamente e alterado com a respectiva aplicação.

FIGURA 126

Diálogo para definir os formatos dos ficheiros (textos e figuras)

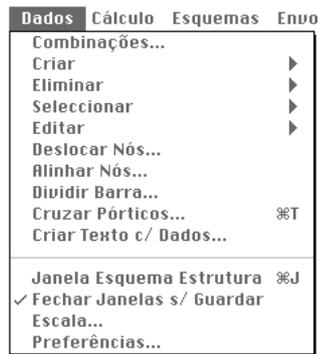


### 3.1.4 Menu Dados

Permite definir e alterar dados da estrutura (existem outros modos de o fazer, usando directamente o rato sobre o esquema da estrutura).

FIGURA 127

O menu Dados



#### 3.1.4.1 Combinarções...

Mostra um diálogo permitindo ao utilizador definir para a nova estrutura os coeficientes das diversas combinarções (caso em que estes aparecem inicializados todos a zero), ou alterar os coeficientes pré-definidos para a estrutura em utilização (ver também secção 2.4.3, página 40):

FIGURA 128

Diálogo para definir as Combinarções das Acções

Definição das Combinarções de Acções							
COEFICIENTES MULTIPLICATIVOS P/ CADA ACÇÃO EM CADA COMBINAÇÃO							
Acções	Combinarções						
	1	2	3	4	5	6	7
1- Permanentes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2- Sobrecarga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3- Sismo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4- Vento	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5- Neve	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

#### 3.1.4.2 Criar

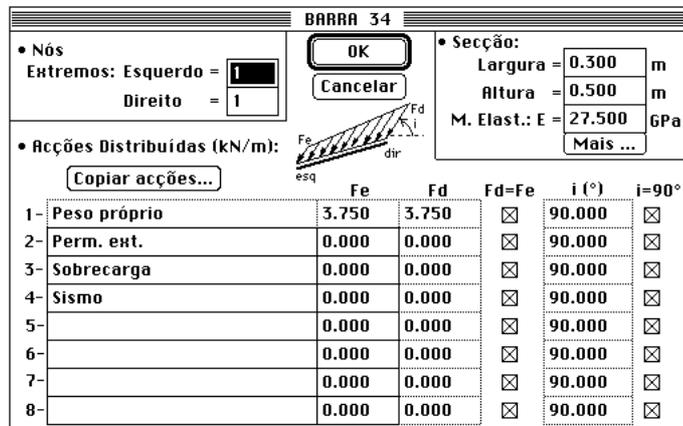
Inclui um sub-menu contendo os comandos (descritos a seguir) para criar um nó ou uma barra.



já existente mais um); a largura, altura e módulo de elasticidade aparecem inicializados com os valores definidos nas preferências (comando deste menu que é descrito posteriormente); usando o botão **Mais...**, é apresentado outro diálogo com mais características da secção e da barra (peso próprio, área, inércia, etc.); as acções aparecem inicializadas com valores nulos; o utilizador deve também escrever os números dos dois nós extremos da nova barra.

FIGURA 131

Diálogo para definir os dados de uma nova Barra



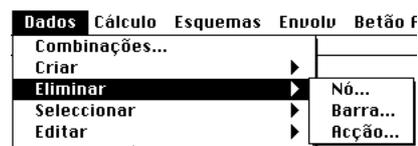
**NOTA:** Esta operação (criação de nova barra) também pode ser efectuada directamente com o rato, premindo o seu botão com o cursor posicionado sobre o nó esquerdo, deslocando o cursor para cima do nó direito mantendo o botão sempre premido e soltando-o aí (sobre o nó direito da nova barra). Visualizará igualmente o diálogo acabado de descrever, mas neste caso os nós esquerdo e direito da barra já aparecem com os valores correctos (números dos nós onde se posicionou o cursor e, respectivamente, se premiu e soltou o botão do rato).

### 3.1.4.3 Eliminar

Inclui um sub-menu contendo os comandos (descritos a seguir) para eliminar um nó, uma barra ou uma acção.

FIGURA 132

O comando Eliminar



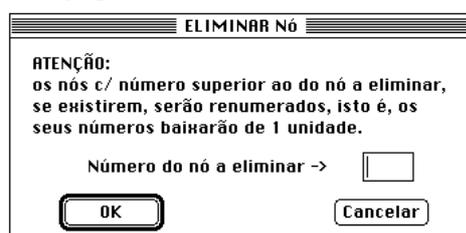
#### 3.1.4.3.1 (Eliminar) Nó...

Mostra um diálogo permitindo ao utilizador eliminar um nó na estrutura aberta (ver também secção 2.3.1, página 21). A estrutura é redesenhada imediatamente sem o nó eliminado e sem quaisquer barras que tenham uma extremidade nesse nó (estas são automaticamente eliminadas). Se estiver algum nó seleccionado na estrutura, aparecerá o seu número neste diálogo.

---

FIGURA 133

Diálogo permitindo eliminar um Nó



**NOTA:** Esta operação também pode ser efectuada directamente com o rato, como é explicado no comando seguinte (**Eliminar Barra**).

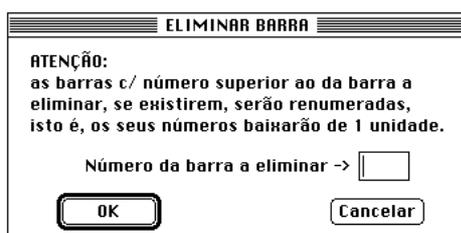
#### 3.1.4.3.2 (Eliminar) Barra...

Mostra um diálogo permitindo ao utilizador eliminar uma barra na estrutura em utilização (ver também secção 2.3.1, página 21):

---

FIGURA 134

Diálogo permitindo eliminar uma Barra



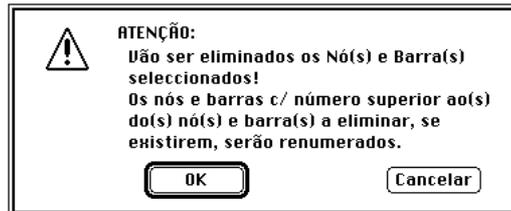
Se estiver alguma barra seleccionada na estrutura, aparecerá o seu número neste diálogo. Depois da confirmação, a estrutura é redesenhada imediatamente sem a barra eliminada

Esta operação também pode ser efectuada directamente com o rato, premindo o seu botão com o cursor posicionado sobre a barra a eliminar de modo a seleccioná-la (nesse momento ela fica assinalada com traço mais grosso) e premindo, em seguida, a tecla *Delete*.

**NOTA:** Qualquer nó ou barra podem ser eliminados após serem seleccionados, premindo simplesmente a tecla *Delete*. Nesse caso, visualiza, a seguinte mensagem de alerta:

FIGURA 135

Diálogo p/ confirmação antes de eliminar objectos seleccionados



#### 3.1.4.3.3 (Eliminar) Acção...

Mostra um diálogo permitindo ao utilizador eliminar uma acção - as respectivas cargas, quer estejam distribuídas em barras quer estejam concentradas em nós, tomarão o valor nulo.

#### 3.1.4.4 Seleccionar

Inclui um sub-menu contendo os comandos (descritos a seguir) para seleccionar nós, barras, barras verticais ou barras horizontais.

FIGURA 136

O comando Seleccionar



#### 3.1.4.4.1 (Seleccionar) Nós

Permite seleccionar todos os nós da estrutura. É equivalente a premir sucessivamente o botão do rato com o cursor posicionado sobre cada nó, mantendo premida a tecla *Shift*.

#### 3.1.4.4.2 (Seleccionar) Barras

Permite seleccionar todas as barras da estrutura. É equivalente a premir sucessivamente o botão do rato com o cursor posicionado sobre cada barra, mantendo premida a tecla *Shift*.

#### 3.1.4.4.3 (Seleccionar) Barras Vert

Permite seleccionar todas as barras verticais da estrutura. É equivalente a premir sucessivamente o botão do rato com o cursor posicionado sobre cada barra vertical, mantendo premida a tecla *Shift*.

#### 3.1.4.4.4 (Seleccionar) Barras Horiz

Permite seleccionar todas as barras horizontais da estrutura. É equivalente a premir sucessivamente o botão do rato com o cursor posicionado sobre cada barra horizontal, mantendo premida a tecla *Shift*.

**NOTA:** Pode seleccionar facilmente qualquer conjunto de nós e barras, premindo simplesmente o botão do rato e deslocando este sobre a figura; fazendo-o, desenha um rectângulo cinzento delimitando a região onde todos os objectos ficarão seleccionados após libertar o botão do rato (ficarão seleccionados todos os nós dentro da região e todas as barras que tenham por extremos dois desses nós).

#### 3.1.4.5 Editar

Inclui um sub-menu contendo os comandos (descritos a seguir) para editar os dados associados a um nó ou a uma barra.

##### 3.1.4.5.1 (Editar) Nó

Permite editar os dados associados a um nó. É equivalente a posicionar o cursor sobre o nó e premir o botão do rato duas vezes seguidas em sucessão rápida.

##### 3.1.4.5.2 (Editar) Barra

Para editar os dados associados a um nó ou a uma barra. É equivalente a posicionar o cursor sobre a barra e premir o botão do rato duas vezes seguidas em sucessão rápida.

#### 3.1.4.6 Deslocar Nós...

Mostra um diálogo permitindo ao utilizador deslocar na estrutura um ou mais nós (os que se encontram seleccionados) simultaneamente. Deverão ser indicados os valores dos deslocamentos pretendidos tanto na vertical como na horizontal e os respectivos sentidos (cima-baixo e esquerda-direita). Esta operação também pode ser efectuada directamente com o rato, premindo o seu botão e mantendo premida a tecla *Option* depois de posicionar o cursor sobre o nó a deslocar; deslocando o rato, o nó acompanhará esse deslocamento (é arrastado) até ter atingido a configuração pretendida para a estrutura; durante toda a operação (deverá

manter premida a tecla *Option*) as coordenadas do nó são automaticamente visualizadas e são actualizadas à medida que desloca este com o rato (ver também secção 2.3.4, página 26).

FIGURA 137

Diálogo permitindo deslocar em simultâneo um grupo de Nós

Deslocar Nós 4; 9.

• Número de Nós a deslocar: 2

Deslocamento Vertical | Deslocamento Horizontal

Valor -> 0.000 m | Valor -> 0.000 m

sentido:  ^Cima | sentido:  < Esquerda

vBaixo |  > Direita

OK Cancelar

No caso de se ter escolhido este comando sem que haja qualquer nó seleccionado na estrutura, visualizará a seguinte mensagem de alerta:

FIGURA 138

Diálogo avisando que não há qualquer Nó seleccionado

 Não há nós seleccionados!  
Selecciona primeiro os nós que  
pretende deslocar em conjunto.

OK

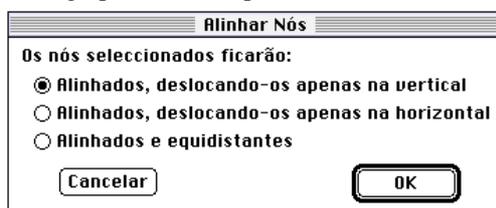
#### 3.1.4.7 Alinhar Nós...

O comando **Alinhar Nós** permite efectuar o alinhamento e distribuição de qualquer conjunto de nós pré-seleccionados, sobre um segmento de recta. Os nós ficarão dispostos de acordo com a opção seleccionada no diálogo que é visualizado (figura 139) após ser escolhido este comando:

- i) sobre o segmento de recta que une os nós mais afastados na horizontal, no caso de se pretender alinhá-los deslocando-os apenas segundo a vertical, ou
- ii) sobre o segmento que une os nós mais afastados na vertical, no caso de se pretender alinhá-los deslocando-os apenas segundo a horizontal, ou
- iii) sobre o segmento de recta que une os nós mais afastados na horizontal, no caso de se pretender alinhá-los e torná-los equidistantes entre si na horizontal.

FIGURA 139

Diálogo para definir tipo de alinhamento



#### 3.1.4.8 Dividir Barra...

Permite dividir uma barra existente em duas ou mais barras (ver também secção 2.8.1, página 63). Mostra primeiro um diálogo onde se deve indicar o número da barra a dividir - se estiver alguma barra seleccionada na estrutura o seu número aparecerá logo nesse diálogo.

Depois mostra outro diálogo onde se indica em quantas partes se pretende dividir a barra. Esta ficará assim dividida em partes iguais, mas o utilizador poderá depois reposicionar os novos nós usando qualquer das técnicas citadas no capítulo 2, nomeadamente na secção 2.3.4, página 26.

#### 3.1.4.9 Cruzar Pórticos...

Permite importar, para quaisquer dos pilares da estrutura corrente, esforços pré-calculados em pilares de outros pórticos que com ele se cruzam. Esta operação permite, assim, considerar em simultâneo os esforços ( $NN$  e  $MM$ ) existentes em dois planos perpendiculares para o dimensionamento dos pilares. Esta operação é explicada e exemplificada na secção 2.12, página 81.

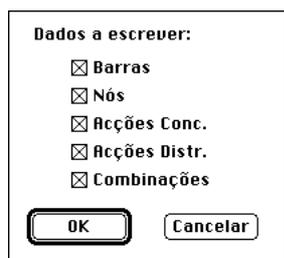
#### 3.1.4.10 Criar Texto c/ Dados...

Permite criar um ficheiro do tipo texto com os dados da estrutura que o utilizador seleccionar :

---

FIGURA 140

Diálogo para selecção dos dados a escrever em ficheiro



#### 3.1.4.11 Janela Esquema da Estrutura

Passa para a frente de todas as janelas a do Esquema da Estrutura (onde se podem editar todos os parâmetros associados aos nós e barras). Este comando só está activo se esta janela não for a que está activa (ou seja, à frente de todas).

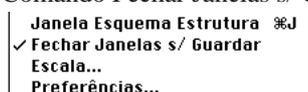
#### 3.1.4.12 Fechar Janelas s/ Guardar

Este comando quando activo fica marcado como se mostra na figura 141. Nessas circunstâncias quando se fecha uma janela deixa de ser perguntado ao utilizador se pretende guardar o seu conteúdo.

---

FIGURA 141

Comando Fechar Janelas s/ Guardar activo



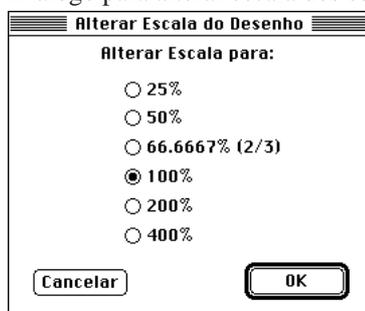
#### 3.1.4.13 Escala...

Mostra um diálogo que permite alterar a escala a que são visualizados todos os esquemas da estrutura.

---

FIGURA 142

Diálogo para alterar escala dos esquemas da estrutura



#### 3.1.4.14 Preferências...

Mostra um diálogo permitindo ao utilizador definir as suas preferências, as quais serão guardadas em disco e serão utilizadas automaticamente na inicialização de dados (tipos de aço e de betão, largura e altura de secção, peso volúmico para o material da estrutura, etc.) em posteriores operações: criação de uma estrutura, uma barra, cálculo de betão armado, etc. Permite também pré-definir a possibilidade de o utilizador fechar janelas do programa sem lhe ser perguntado se pretende guardar o seu conteúdo, fazer escrever a data e/ou hora nas janelas com gráficos, o número de casas decimais a serem usadas nos gráficos com diagramas e a escala destes (ver também secção 2.2, página 11).

FIGURA 143

Diálogo para definir as Preferências

Preferências					
<b>SECÇÃO PREFERIDA:</b>					
Vigas Pilares					
Largura =	0.30	0.30	m	Mód. Elast.: E =	27.500 GPa
Altura =	0.50	0.30	m	Peso volúm. =	25.000 kN/m <sup>3</sup>
<b>BETÃO ARMADO:</b>					
• Materiais					
			Betão	Aço	
			<input type="radio"/> B15	<input type="radio"/> B30	<input type="radio"/> B45
			<input checked="" type="radio"/> B20	<input type="radio"/> B35	<input type="radio"/> B50
			<input type="radio"/> B25	<input type="radio"/> B40	<input type="radio"/> B55
			<input type="radio"/> A 235	<input checked="" type="radio"/> A 400	<input type="radio"/> A 500
• Geometria					
			Altura Total-Altura útil: h-d =	0.030	m
			Afast. secções p/ cálculo do aço (vigas):	0.40	m
<input checked="" type="checkbox"/> Fechar janelas sem perguntar nada					
<input type="checkbox"/> Escrever data nos gráficos			<input checked="" type="checkbox"/> Escrever hora nos gráficos		
<input checked="" type="checkbox"/> Aviso: guardar resultados no fich. dados?					
Nr casas decimais diagramas:				0	<input type="button" value="Cancelar"/>
Escala p/ gráficos:				0.667	<input type="button" value="OK"/>

### 3.1.5 Menu Cálculo

Permite essencialmente efectuar os cálculos de esforços para combinações de acções, cálculos de sismos e da acção do vento sobre a estrutura. Neste menu existem também comandos que dão informação sobre a definição das combinações, sobrecargas e parâmetros sísmicos.

FIGURA 144

O comando para Cálculo dos Esforços

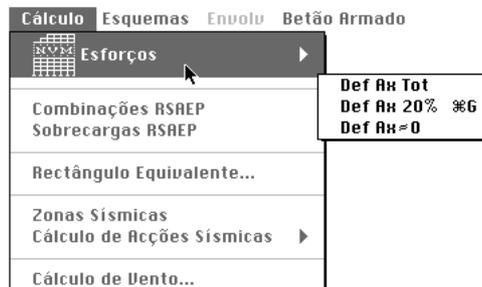


#### 3.1.5.1 Esforços

Este comando efectua o cálculo de esforços na estrutura e contém um sub-menu com três opções, permitindo efectuar o cálculo considerando a deformação axial das barras na íntegra, em 20% ou desprezando-a (ver também secção 2.5, página 43).

FIGURA 145

O comando para Cálculo dos Esforços



No fim da execução do cálculo visualiza um diálogo que inclui informação do tempo gasto na operação (formato -> minutos:segundos.centésimos do segundo).

FIGURA 146

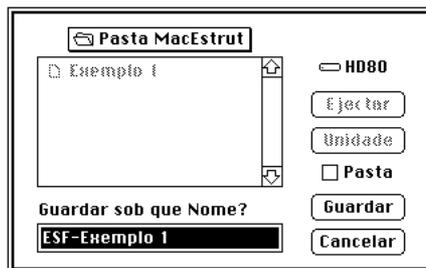
Diálogo apresentando o tempo gasto no cálculo dos esforços



E um diálogo permitindo, guardar em disco um texto com todos os resultados do cálculo:

FIGURA 147

Diálogo p/ guardar em ficheiro resultados do cálculo de esforços



Se usar o botão **Cancelar**, apenas anulará a criação do ficheiro no disco (não o cálculo).

### 3.1.5.2 Combinações RSAEP

Este comando permite uma visualização das disposições regulamentares que definem as combinações das acções (ver também secção 2.4.3.3, página 42).

### 3.1.5.3 Sobrecargas RSAEP

Este comando permite uma visualização dos valores das sobrecargas a utilizar nos cálculos.

### 3.1.5.4 Rectângulo Equivalente...

Permite obter as dimensões (largura e altura) de um rectângulo que seja equivalente (em área e inércia) a uma secção qualquer de que se conheçam a área e o momento de inércia. Permitirá assim assemelhar (em área e inércia) secções de qualquer forma a rectângulos para efeitos de cálculo de esforços.

### 3.1.5.5 Zonas Sísmicas

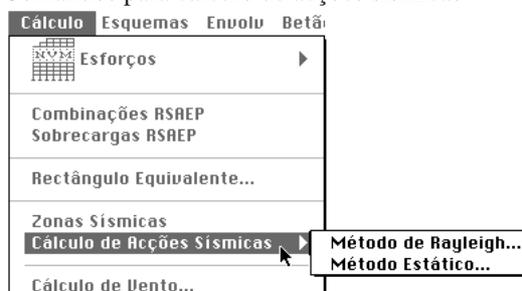
Permite visualizar o zonamento sísmico do território nacional, conforme se encontra definido no RSAEP (ver também figura 45, página 39).

### 3.1.5.6 Cálculo de Acções Sísmicas

Inclui um sub-menu contendo os comandos para efectuar a avaliação da acção de um sismo sobre um pórtico plano usando quer o Método de Rayleigh quer o Método Estático (ver também secção 2.4.2, página 36).

FIGURA 148

Comandos para cálculo de acções sísmicas



### 3.1.5.7 Cálculo de Vento...

Permite calcular a acção do vento sobre uma fachada (ver também descrição e exemplo na secção 2.13, página 88).

## 3.1.6 Menu Esquemas

O menu **Esquemas** permite obter diversos tipos de figuras: com a geometria da estrutura, com as acções, com as combinações de acções, com os diagramas de esforços para qualquer combinação de acções, com as reac-

ções de apoio, com a deformada global da estrutura ou a deformada de uma barra. O utilizador pode guardar em disco ou imprimir qualquer uma dessas figuras.

FIGURA 149

O menu Esquemas



#### 3.1.6.1 Coordenadas dos Nós

Abre uma nova janela onde é desenhado o esquema da estrutura com as coordenadas dos nós (ver também secção 2.3.5, página 26).

#### 3.1.6.2 Factores Rigidez Flexão EI/L

Abre uma nova janela onde é desenhado um esquema da estrutura onde as barras são representadas com espessuras proporcionais aos respectivos valores de  $EI/L$  (módulo de elasticidade longitudinal x inércia da secção/comprimento da barra).

#### 3.1.6.3 Dimensões Estr. e Secções

Abre uma nova janela onde é desenhado o esquema da estrutura com as dimensões da secção de cada barra e com a cotagem vertical e horizontal da estrutura (ver também secção 2.3.5, página 26 e figura 26, página 27).

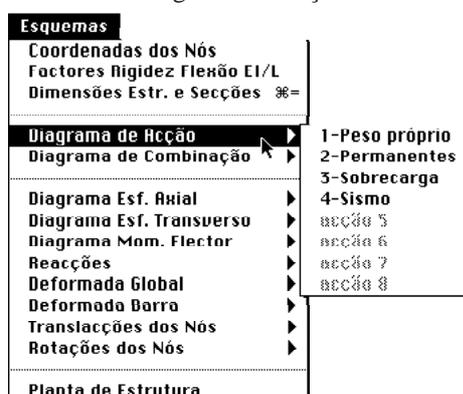
#### 3.1.6.4 Diagrama de Acção

Inclui um sub-menu contendo apenas activos os comandos correspondentes às acções definidas na estrutura, isto é, com cargas diferentes de zero (ver também secção 2.4.1.2, página 35).

A selecção de qualquer uma dessas opções abre uma nova janela onde é desenhado o esquema da estrutura com o diagrama da acção correspondente.

FIGURA 150

O comando Diagrama de Acção



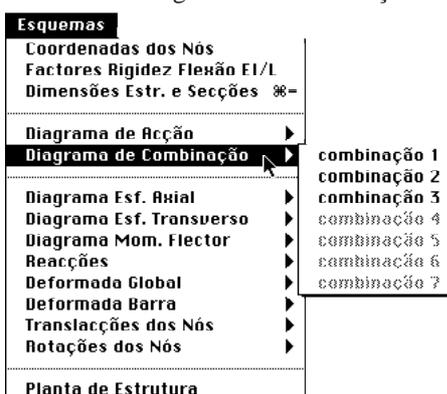
### 3.1.6.5 Diagrama de Combinação

Inclui um sub-menu contendo apenas activos os comandos correspondentes às combinações definidas na estrutura, isto é, com coeficientes diferentes de zero (ver também secção 2.4.3.2, página 41).

A selecção de qualquer uma dessas opções abre uma nova janela onde é desenhado o esquema da estrutura com o diagrama da combinação correspondente.

FIGURA 151

O comando Diagrama de Combinação



### 3.1.6.6 Diagrama Esf. Axial, Diagrama Esf. Transverso, Diagrama Mom. Flector

Inclui um sub-menu contendo apenas activos os comandos correspondentes às combinações definidas na estrutura (com coeficientes diferentes de zero):

---

## Referência

---

FIGURA 152

O comando Diagrama de Esforço Axial



FIGURA 153

O comando Diagrama de Esforço Transverso



FIGURA 154

O comando Diagrama de Momento Flector



A selecção de qualquer uma dessas opções abre uma nova janela onde é desenhado o esquema da estrutura com o diagrama do esforço (axial,

transverso ou momento flector) para a combinação correspondente (ver também secção 2.5.2.1, página 45).

### 3.1.6.7 Reacções

Inclui um sub-menu contendo apenas activos os comandos correspondentes às combinações definidas na estrutura (com coeficientes diferentes de zero):

FIGURA 155

O comando Reacções



A selecção de qualquer uma dessas opções abre uma nova janela onde é desenhado o esquema com as reacções para a combinação correspondente.

### 3.1.6.8 Deformada Global

Inclui um sub-menu contendo apenas activos os comandos correspondentes às combinações definidas na estrutura (com coeficientes diferentes de zero):

FIGURA 156

O comando Deformada Global



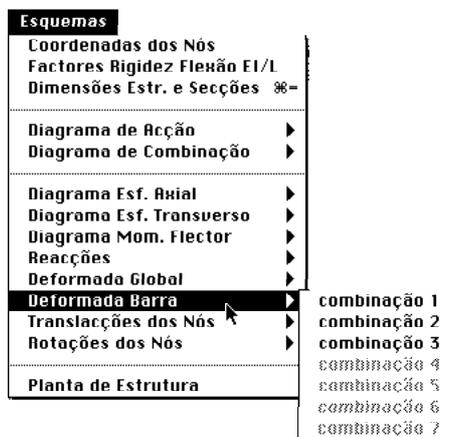
A selecção de qualquer uma dessas opções abre uma nova janela onde é desenhado o esquema da deformada da estrutura para a combinação correspondente (ver também secção 2.5.2.2, página 46).

### 3.1.6.9 Deformada Barra

Este comando só se encontra activo quando existe uma única barra seleccionada na estrutura (selecciona premindo o botão do rato com o cursor posicionado sobre a barra). Inclui um sub-menu contendo apenas activos os comandos correspondentes às combinações definidas na estrutura (com coeficientes diferentes de zero). A selecção de qualquer uma dessas opções abre uma nova janela onde é desenhado o esquema da deformada da barra para a combinação correspondente (ver também secção 2.5.2.2, página 46).

FIGURA 157

O comando Deformada de uma Barra



### 3.1.6.10 Translações dos Nós

Inclui um sub-menu contendo apenas activos os comandos correspondentes às combinações definidas na estrutura (com coeficientes diferentes de zero).

A selecção de qualquer uma dessas opções abre uma nova janela onde é desenhado o esquema da estrutura com as translações ocorridas nos nós para a combinação correspondente.

### 3.1.6.11 Rotações dos Nós

Inclui um sub-menu contendo apenas activos os comandos correspondentes às combinações definidas na estrutura (com coeficientes diferentes de zero).

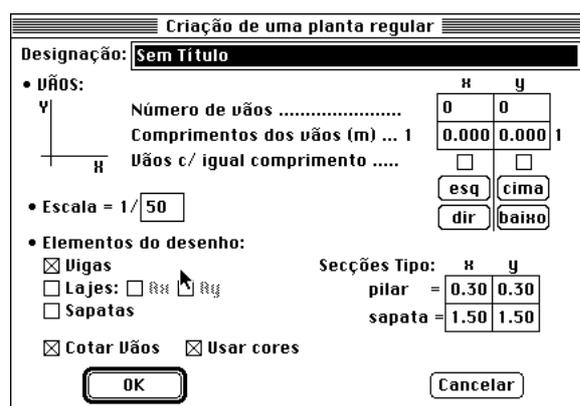
A selecção de qualquer uma dessas opções abre uma nova janela onde é desenhado o esquema da estrutura com as rotações ocorridas nos nós para a combinação correspondente.

### 3.1.6.12 Planta de Estrutura

Este comando permite desenhar plantas regulares de estrutura cotadas, com: pilares e sapatas, e/ou vigas e/ou lajes, de acordo com o que for seleccionado num diálogo. O desenho gerado pode ser armazenado em ficheiro e trabalhado posteriormente com um programa de desenho.

FIGURA 158

Diálogo para Planta de Estrutura

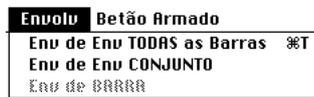


### 3.1.7 Menu Envolventes

Os comandos deste menu permitem visualizar esquemas com envolventes de esforços (ver também secção 2.5.2.3, página 47).

FIGURA 159

O menu Envolv



### 3.1.7.1 Env de Env TODAS as Barras

Permite obter a envolvente das envolventes de todas as barras da estrutura para cada um dos três esforços ( $N$ ,  $V$  e  $M$ ).

### 3.1.7.2 Env de Env CONJUNTO

Permite obter a envolvente das envolventes das barras seleccionadas para cada um dos três esforços ( $N$ ,  $V$  e  $M$ ). Este comando só se encontra activo quando existem mais do que uma barra seleccionadas.

### 3.1.7.3 Env de BARRA

Permite obter as envolventes da barra seleccionada para cada um dos três esforços ( $N$ ,  $V$  e  $M$ ). Este comando só está activo se apenas uma barra se encontrar seleccionada.

## 3.1.8 Menu Betão Armado

Este menu permite efectuar o cálculo orgânico do betão armado, de acordo com o REBAP, o dimensionamento de elementos estruturais isolados (lajes aligeiradas simplesmente apoiadas, escadas, sapatas), de secções sujeitas à flexão simples, flexão composta ou torção, e ainda visualizar uma tabela com as áreas e pesos dos varões de aço correntemente usados em betão armado (ver também secção 2.6, página 51).

FIGURA 160

O menu Betão Armado



Pode, se pretender, guardar os resultados dos cálculos, em ficheiros devidamente formatados para permitir a sua impressão ou a sua integração num documento criado com um editor de texto. Durante o cálculo das armaduras nas barras de uma estrutura é aberta uma nova janela onde é desenhado um diagrama com as áreas das armaduras longitudinais junto de cada face das barras.

Na listagem da(s) barra(s) dimensionadas à flexão simples, as armaduras longitudinais e transversais são calculadas num certo número de secções, cujo afastamento é seleccionável pelo utilizador. São assinalados na listagem os pontos em que ocorrem os valores máximo e mínimo da envolvente do momento flector. A armadura transversal também é assinalada (com o carácter “”) quando é condicionada por imposições mínimas regulamentares.

Para o caso da flexão composta (ocorrendo geralmente em pilares) é apresentado o cálculo das armaduras longitudinais para cada carregamento, em cada extremo da barra, indicando-se depois a armadura a adoptar de entre aquelas ou, também, a armadura mínima regulamentar (neste caso o valor vem assinalado com o carácter “”).

Após seleccionar qualquer das opções, visualiza um diálogo com parâmetros de cálculo e de visualização inicializados (são usados os valores definidos nas Preferências). Pode alterar esses valores antes de permitir o prosseguimento do cálculo (nesse caso poderá mesmo autorizar a alteração do ficheiro de preferências para os valores alterados):

---

FIGURA 161

Diálogo p/ definir parâmetros p/ o cálculo do betão armado

Parâmetros p/ Cálculo do Betão Armado	
<b>MATERIAIS</b>	
<b>Betão:</b>	<b>Aço:</b>
<input type="radio"/> B15 <input type="radio"/> B30 <input type="radio"/> B45	<input type="radio"/> A 235
<input type="radio"/> B20 <input type="radio"/> B35 <input type="radio"/> B50	<input checked="" type="radio"/> A 400
<input checked="" type="radio"/> B25 <input type="radio"/> B40 <input type="radio"/> B55	<input type="radio"/> A 500
<b>GEOMETRIA</b>	
Altura total - Altura útil: h-d =	<input type="text" value="0.030"/> m
Distância entre secções de cálculo do aço nas vigas:	<input type="text" value="0.400"/> m
<b>CASAS DECIMAIS no gráfico c/ áreas de aço</b>	
Vigas: <input type="text" value="0"/>	Pilares: <input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Alterar Ficheiro de Preferências	
<b>MOBILIDADE dos Nós:</b> <input checked="" type="radio"/> Estrutura de Nós Móveis	
<input type="radio"/> Estrutura de Nós Fixos	
<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="Cancelar"/>

### 3.1.8.1 Calcular Cada Barra...

Efectua o dimensionamento de todas as barras da estrutura, barra a barra separadamente.

### 3.1.8.2 Calcular Seleccionado...

Efectua apenas o dimensionamento das barras previamente seleccionadas com o rato, barra a barra separadamente. Este comando apenas se encontra disponível se existir na estrutura pelo menos uma barra seleccionada.

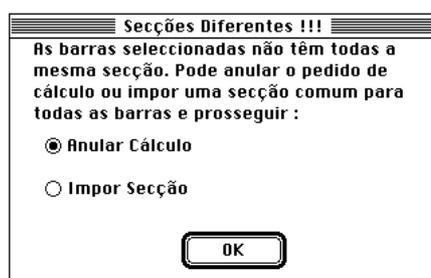
### 3.1.8.3 Cálculo Agrupado...

Efectua o dimensionamento de um conjunto de barras com a mesma secção e a mesma armadura. Usa no cálculo a envolvente das envolventes dos esforços ( $V$  e  $M$ ) nessas barras. Um pedido de dimensionamento de barras agrupadas cujas secções não sejam iguais é detectado pelo programa que, nesse caso, mostra um diálogo no qual pode efectuar o cancelamento desse dimensionamento ou, se pretender, impor uma secção igual para todas aquelas barras (nesse caso são visualizadas no diálogo as dimensões definidas nas Preferências, e que o utilizador deverá alterar se pretender outros valores):

---

FIGURA 162

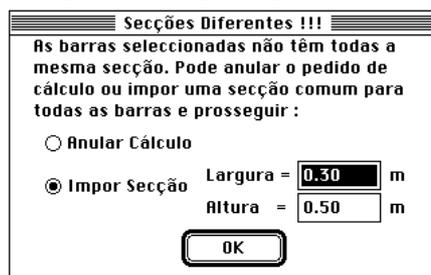
Aviso: as barras a calcular não têm a mesma secção



---

FIGURA 163

Diálogo anterior após imposição de secção comum p/ as barras



**NOTA:** Em qualquer das três primeiras opções atrás descritas é visualizado também o diálogo perguntando ao utilizador se pretende guardar os cálculos em ficheiro. Mesmo que use o botão **Cancelar**, o cálculo é efectuado e o resultado é apresentado de forma gráfica no écran (nesse caso apenas não é criado o ficheiro com os resultados).

#### 3.1.8.4 Desenhar Barras...

Permite desenhar os pormenores de betão armado das vigas e pilares que estiverem seleccionados na estrutura correntemente aberta (ver também secção 2.7, página 58).

#### 3.1.8.5 Laje Aligeirada...

Efectua o cálculo dos esforços (momento flector a meio vão e esforço transversal nos apoios) numa laje aligeirada simplesmente apoiada (ver também secção 2.10.2, página 68). Usando o botão **Guardar...**, no respectivo diálogo, os dados e resultados podem ser guardados em ficheiro de texto, podendo assim ser integrados nas peças escritas do projecto. O botão **Aplicar...** permite aplicar as reacções dos apoios directamente em vigas de um estrutura que esteja aberta.

#### 3.1.8.6 Escada...

Efectua o cálculo dos esforços (momento flector máximo e esforço transversal nos apoios) numa laje maciça de escada simplesmente apoiada nos extremos (ver também secção 2.10.3, página 72). Usando o botão **Guardar...**, no respectivo diálogo, os dados e resultados podem ser guardados em ficheiro de texto, podendo assim ser integrados nas peças escritas do projecto. O botão **Aplicar...** permite aplicar as reacções dos apoios directamente em vigas de um estrutura que esteja aberta.

#### 3.1.8.7 Sapata (Quadrada, Homotética)

Efectua o cálculo das dimensões (em planta e altura), das tensões no solo e das armaduras numa sapata rígida sujeita à acção de um esforço axial associado ou não a um momento flector (ver também secção 2.10.4, página 73). Usando o botão **Guardar...**, no respectivo diálogo, os dados e resultados podem ser guardados em ficheiro de texto, podendo assim ser integrados nas peças escritas do projecto. O botão **Desenhar...** permite desenhar os pormenores de betão armado.

#### 3.1.8.8 Muro de Suporte...

Efectua o cálculo de um muro de suporte (ver também secção 2.10.5, página 75). Usando o botão **Guardar...**, no respectivo diálogo, os dados e

resultados podem ser guardados em ficheiro de texto, podendo assim ser integrados nas peças escritas do projecto. O botão **Desenhar...** permite desenhar os pormenores de betão armado.

**3.1.8.9 Flexão Simples..., Flexão Composta..., Torção...**

Estes comandos permitem dimensionar secções sujeitas à flexão simples, composta ou torção, dados os esforços e as dimensões de uma secção rectangular (ver também secção 2.11, página 79). Assume que os materiais são os definidos nas Preferências.

**3.1.8.10 Aço -> Ø...**

Mostra um diálogo em que, dada uma área de aço, se pode calcular o número mínimo de varões de cada diâmetro comercial necessário para a satisfazer. Permite ver o desperdício associado a cada diâmetro (ver figura 99, página 79).

**3.1.8.11 Tabela de Varões**

Mostra uma tabela com as áreas e pesos dos varões de aço correntemente usados em betão armado. Essa tabela pode também ser impressa directamente ou guardada num ficheiro.

## 3.2 Criação de uma Estrutura

---

### 3.2.1 Os Dados da Estrutura

Os dados necessários são, obviamente, constituídos pelas características geométricas e mecânicas dos elementos (barras) da estrutura e pelas acções e suas combinações.

As características geométricas são compostas pelas coordenadas dos nós e dimensões das secções. Todos os nós, bem como todas as barras, serão identificados(as) por um número. Cada barra tem sempre como extremos dois nós da estrutura.

### 3.2.2 Definição e Alteração de uma Estrutura

De modo a facilitar a entrada de dados referentes à geometria, o programa prevê um modo de entrada especial: a criação de uma estrutura é efectuada com um diálogo que permite definir uma rede rectangular regular, correspondendo a um pórtico regular, que depois pode ser facilmente alterada. Para criar essa rede deverão apenas ser fornecidos através do diálogo descrito no menu **Ficheiro**, comando **Nova Estrutura...**: o número de vãos e as respectivas medidas, o número de andares e as respectivas medidas e o tipo de apoios a considerar na base (encastramentos ou apoios duplos). Tudo isso poderá ser alterado posteriormente de modo muito fácil trabalhando directamente sobre um esquema gráfico da estrutura, como já foi referido, não havendo portanto à partida a distinção entre pórtico regular e não regular. O esquema dessa rede é desenhado numa janela e constitui uma figura editável, ou seja, que pode ser directamente alterada.

Na janela contendo a figura editável podem executar-se as acções sumariamente descritas a seguir, com vista a introduzir dados ou a alterá-los.

- i) Para seleccionar nós ou barras premir o botão do rato com o cursor posicionado sobre esses objectos.
- ii) Para seleccionar vários nós (barras) basta premir sucessivamente o botão do rato com o cursor posicionado sobre eles (elas) mantendo a tecla *Shift* premida.
- iii) Para eliminar nós (barras) previamente seleccionados(as) bastará premir a tecla *Delete*.
- iv) Para criar um nó bastará escolher o comando **Novo Nó...** do menu **Dados** e fornecer, em seguida, os dados do nó através do diálogo

visualizado. Contudo, sempre que o nó a criar caia sobre uma barra existente, é altamente preferível usar o comando **Dividir Barra...** do mesmo menu.

- v) Para criar uma barra bastará escolher o comando correspondente daquele menu. Pressupõe-se sempre que já existem definidos os respectivos nós extremos. Mas também pode ser criada uma barra entre dois nós usando o rato: bastará premir o seu botão com o cursor posicionado sobre o primeiro nó e soltá-lo sobre o segundo. Visualizará também o diálogo para definir os restantes dados sobre a nova barra entre os dois nós.
- vi) Premindo o botão do rato duas vezes em sucessão rápida com o cursor posicionado sobre um nó (barra), visualizará um diálogo com os dados referentes a esse nó (barra) e o utilizador poderá alterar esses dados no diálogo: no caso do nó aparecem a suas coordenadas (segundo X e segundo Y), as forças aplicadas ( $F_x$ ,  $F_y$  e  $M$ ) para cada uma das combinações de acções e as designações dadas a estas; para a barra aparecem os respectivos nós extremos, as dimensões da secção transversal (largura e altura), o módulo de elasticidade ( $E$ ) usado nos cálculos de esforços, as forças aplicadas para cada combinação de acções, as suas inclinações e designações.
- vii) Para deslocar um nó premir a tecla **Option** e, mantendo--a premida, posicionar o cursor sobre o nó a deslocar e premir o botão do rato; mantendo sempre premida a tecla **Option** e o botão do rato, ao deslocar este, o nó acompanhará esse deslocamento (é arrastado) até ter atingido a configuração pretendida para a estrutura; as barras ligadas ao nó também rodam de modo a permanecerem sempre ligadas ao nó; durante toda a operação são automaticamente visualizadas as coordenadas do nó, que são actualizadas à medida que o desloca com o rato.
- viii) Para deslocar um conjunto de nós simultaneamente, seleccione primeiro todos os nós e escolha, em seguida, o comando **Deslocar Nós...**, no menu **Dados**.

### 3.3 Referenciais

#### 3.3.1 Generalidades

Em qualquer estrutura os objectos que a compõem são identificados por um número. Havendo dois tipos de objectos - os nós e as barras - há dois sistemas de numeração independentes: um para os nós e outro para as barras. Assim, os nós são identificados com um número e são localizados pelas suas coordenadas em relação a um sistema de eixos geral; as barras (elementos) são identificadas pelo respectivo número e o seu posicionamento é identificado pelos números dos respectivos nós extremos.

Chama-se desde já a atenção para a grande importância a dar à numeração dos nós de uma estrutura; há, com efeito, grande conveniência em que seja o mais pequena possível a diferença entre os números dos dois nós extremos de um elemento, pois essa diferença, ao determinar a largura da banda da matriz de rigidez, condiciona a dimensão máxima de algumas estruturas de dados usadas na representação interna do problema a tratar e o respectivo tempo de resolução.

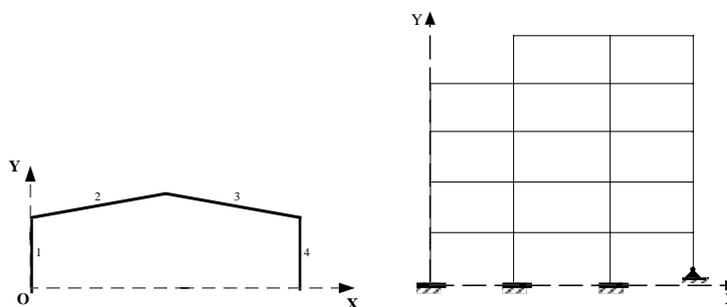
No programa assume-se a existência dos dois tipos de referenciais descritos a seguir.

#### 3.3.2 Sistema de Eixos Geral

O referencial geral para toda a estrutura é constituído por um sistema de eixos coordenados (OX e OY) directo, em relação ao qual são localizados todos os nós.

FIGURA 164

Sistema de eixos gerais da estrutura



Ter-se-á, assim, o eixo das abcissas - OX - na horizontal a crescer da esquerda para a direita e o eixo das ordenadas - OY - (vertical) a crescer

de baixo para cima, conforme se representa na figura 165. Este referencial geral é automaticamente assumido pelo programa no momento da criação da estrutura. A sua origem coincide com o nó número 1 da rede original.

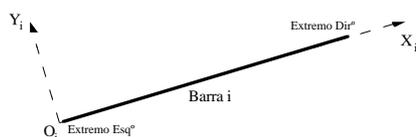
### 3.3.3 Sistema de Eixos Local

O referencial local para cada barra  $i$  é constituído por um sistema de eixos coordenados ( $OX_i$  e  $OY_i$ ) directo e com origem num nó extremo da barra (nó esquerdo). Ter-se-á, assim, o eixo das abcissas -  $OX_i$  - dirigido segundo o eixo da barra  $i$  e a crescer do nó onde se situa a origem para o outro nó:

---

FIGURA 165

Sistema de eixos local de uma Barra



Quando ao definir uma nova barra (através de diálogo) na entrada de dados são introduzidos o número do nó esquerdo e o do nó direito, esses dois números de nós identificam o posicionamento da barra perante um utilizador e identificam também a origem do referencial local da barra - é no nó esquerdo que reside a origem do sistema de eixos local.

Note que ao criar uma estrutura, o utilizador não tem de se preocupar em arranjar um referencial, nem em determinar as coordenadas de cada nó ou de numerar os nós e as barras. O programa encarrega-se de fazer, gerando uma rede de base servindo-se apenas das dimensões dos vãos e dos andares. O utilizador pode, caso não se trate de um pórtico regular, reconfigurar facilmente a estrutura deslocando nós, adicionando ou eliminando nós e/ou barras.

### 3.4 Unidades

---

O programa, no que se refere ao cálculo de deslocamentos e esforços, pode funcionar com qualquer sistema de unidades coerente. Contudo está basicamente preparado para a utilização do Sistema Internacional:  $kN$  (KiloNewton) para forças (acções),  $m$  (metro) para comprimentos,  $GPa$  (GigaPascal) para as unidades de pressão no módulo de elasticidade. Aliás, estas são as unidades assumidas no dimensionamento orgânico do betão armado.

### 3.5 As Acções

---

#### 3.5.1 Generalidades

Nesta versão do programa as acções permitidas são de dois tipos fundamentais: acções concentradas (incluindo momentos) e acções distribuídas (constantes, triangulares ou trapezoidais). As acções concentradas apenas se podem situar em nós da estrutura e devem ser fornecidas segundo as suas componentes em relação aos eixos coordenados gerais da estrutura (OX e OY), permitindo-se a actuação de momentos concentrados em torno de eixos perpendiculares ao plano da estrutura. O facto de este tipo de acções apenas serem admitidas em nós não deve ser considerado como uma exigência restritiva dadas as grandes facilidades de edição de uma estrutura, como no que se refere à criação de nós em qualquer ponto.

#### 3.5.2 Convenção de Sinais p/ Acções Concentradas

Imaginando um sistema de eixos coordenados directo para referencial geral, tal como foi descrito na secção 3.4, a convenção de sinais utilizada para acções concentradas é a seguinte:

- i) acções verticais - positivas quando dirigidas de baixo p/ cima, isto é, no sentido positivo do eixo OY;
- ii) acções horizontais - positivas quando dirigidas da esquerda p/ a direita, isto é, no sentido positivo do eixo OX;
- iii) momentos - positivos quando orientados no sentido contrário ao do movimento dos ponteiros do relógio (sentido anti-horário).

#### 3.5.3 Convenção de Sinais p/ Acções Distribuídas

Quanto às acções distribuídas em determinada barra  $i$ , elas serão positivas quando orientadas no sentido negativo do eixo das ordenadas do refe-

rencial local da barra  $i$ , como se representa na figura 166. Em linguagem corrente poder-se-á dizer que são positivas quando actuam na barra orientadas de cima para baixo, supondo-se à esquerda do observador o nó onde reside a origem do referencial local da barra. Optou-se por esta convenção dado, em geral, serem dirigidas para baixo as acções permanentes e sobrecargas em edifícios correntes quando considerado o seu efeito, por exemplo, sobre vigas horizontais.

FIGURA 166



---

### 3.6 Cálculo dos Deslocamentos e dos Esforços

---

#### 3.6.1 Generalidades

O menu Cálculo, como já foi referido, permite efectuar o cálculo dos deslocamentos e esforços para cada combinação, podendo esse cálculo ser efectuado considerando a deformabilidade axial das barras em 100%, em 20% ou desprezando-a.

Antes de ser iniciado o cálculo é efectuado um teste de coerência dos dados, onde são verificadas situações como a existência de nós isolados (sem serem extremos de qualquer barra), ou a inexistência do número mínimo de ligações ao exterior (apoios) permitindo manter o equilíbrio estático. O utilizador é sempre avisado no caso da detecção de qualquer incoerência - no caso da existência de nós isolados eles serão automaticamente eliminados prosseguindo depois o cálculo. As consolas, se existirem, serão eliminadas e substituídas pelas acções correspondentes situadas nos nós onde essas consolas estão “encastradas”.

Durante o cálculo visualiza uma mensagem de alerta que, quando aquele termina, inclui o tempo gasto na operação. Visualiza, ainda, um diálogo que permite guardar os resultados do cálculo (se não pretender guardar, deverá usar o botão *Cancelar*). No caso de se optar por guardar os cálculos, o programa gera um ficheiro contendo os resultados da análise da estrutura para cada combinação de acções. Nele são apresentados também todos os dados. Este ficheiro pode ser aberto com o programa ou

com qualquer editor de texto (*Edit, MacWrite, Word, etc.*). Para se ver o texto devidamente formatado deverá seleccionar o tipo de letra Monaco tamanho 9 pontos ou Courier 9 ou 10 pontos, e ajustar as margens.

Como resultados são apresentados, para cada carregamento, os deslocamentos de cada nó, os esforços nos extremos de cada barra (axial- $N$ , transverso- $V$  e momento flector- $M$ ) e ainda os valores extremos do momento flector negativo ( $M_{min}$ ) e positivo ( $M_{max}$ ) em cada barra e respectivas abcissas ( $X_{min}$  e  $X_{max}$  respectivamente), bem como as abcissas de momento nulo. Os valores estão organizados de forma tabular, permitindo ao utilizador uma consulta fácil e permitindo a sua integração directa nas peças escritas do projecto.

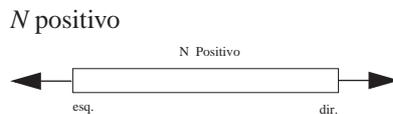
### 3.6.2 Convenção de Sinais p/ Esforços

A convenção de sinais adoptada para os esforços é a seguinte:

- $N$  positivo quando de tracção:

---

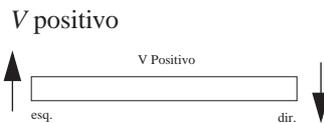
FIGURA 167



- $V$  positivo quando à esquerda dirigido p/ cima ou à direita p/ baixo:

---

FIGURA 168

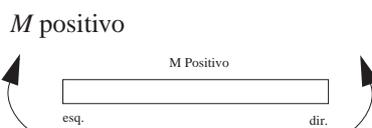


- $M$  positivo quando:

- actua à esquerda no sentido horário, ou
- actua à direita no sentido anti-horário:

---

FIGURA 169



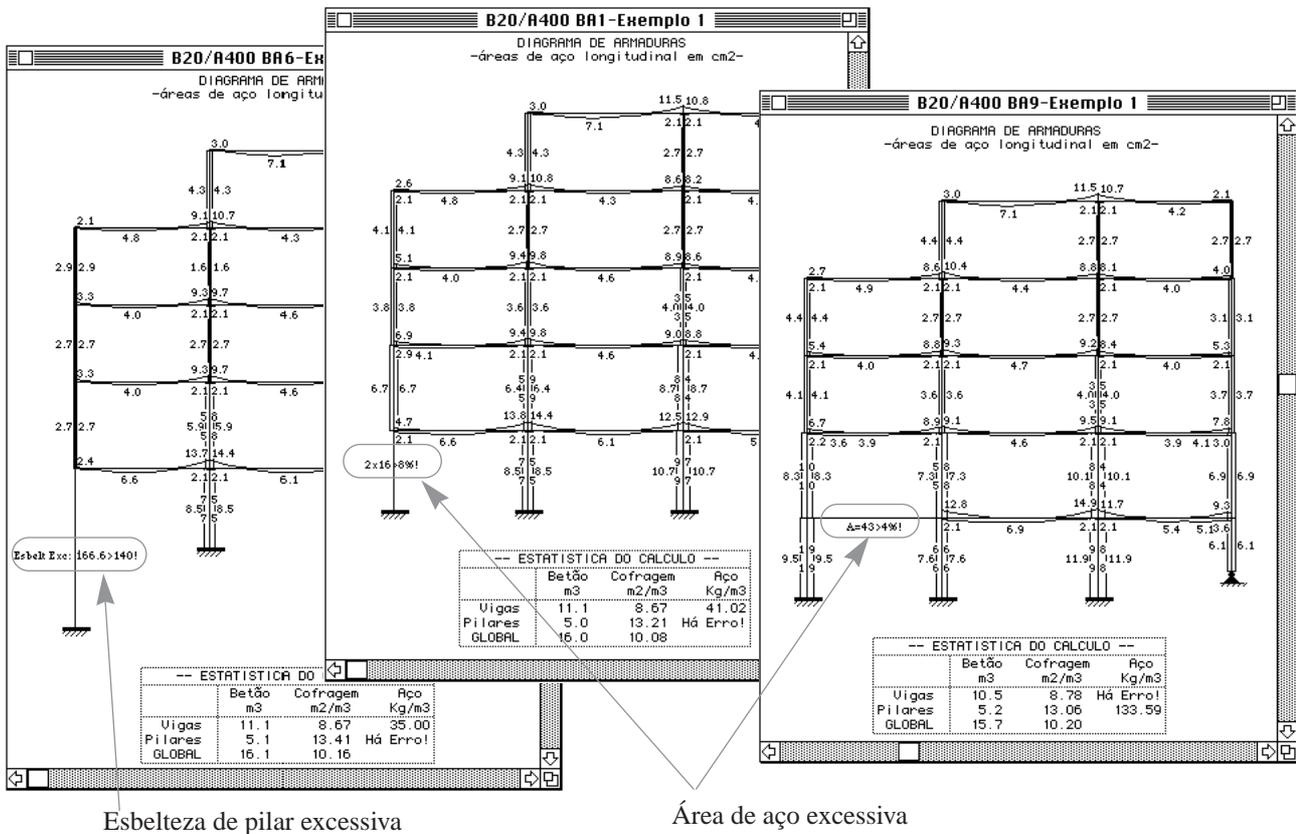
### 3.7 Dimensionamento de Betão Armado

Ao ser dimensionado, o betão armado vai sendo desenhado numa nova janela um esquema da estrutura com um diagrama representativo das áreas de aço (em  $cm^2$ ) calculado em cada secção. Em equipamentos com monitor a cores poderão ser vistos os diagramas a duas cores: vermelhos nas vigas e azuis nos pilares. Ao fundo do esquema da estrutura será apresentado também um quadro com a estatística do cálculo: volume de betão e “densidades” de cofragem ( $m^2/m^3$  de betão) e de armadura ( $kg/m^3$  de betão), isto para as vigas, para os pilares e para a globalidade da estrutura. Entretanto o programa pode criar no disco um ficheiro contendo todos os cálculos efectuados.

Se ocorrerem situações de erro (esbelteza de pilar superior à máxima admitida pelo regulamento, área de aço excessiva para uma secção, etc.) estas serão detectadas e assinaladas no esquema do diagrama representativo das áreas de aço.

FIGURA 170

Situações de erro detectadas durante o cálculo das armaduras



Esbelteza de pilar excessiva

Área de aço excessiva

Na listagem dos cálculos do betão armado, como já foi referido, para a(s) barra(s) dimensionadas à flexão simples, as armaduras longitudinais e transversais são calculadas num certo número de secções, cujo afastamento é seleccionável pelo utilizador. São assinalados na listagem os pontos singulares em que ocorrem os valores máximo e mínimo da envolvente do momento flector. A armadura transversal, se for a mínima, também é assinalada. Para o caso da flexão composta (pilares) é apresentado o cálculo das armaduras longitudinais para cada combinação, sendo também assinalados os casos em que a armadura mínima regulamentar é condicionante.