

MAKARIA

MANUAL DE UTILIZAÇÃO

Andreas Paulus Scherdien Berwaldt
Fabiano Daniel Guzon
Vinícius Ioppi

INTRODUÇÃO

Desde o primeiro semestre de 2004 tem ocorrido na Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul a Competição de Pontes de Espaguete, consistindo na análise, projeto, construção e ensaio destrutivo de uma ponte treliçada de massa do tipo espaguete.

Para auxiliar os participantes da competição no projeto de suas pontes, desenvolveu-se o programa Makaria, que realiza a análise e o projeto de treliças planas de espaguete.

Para tornar o uso deste programa mais simples, desenvolveu-se este pequeno manual.

A entrada de dados no programa é feita através de um arquivo no formato texto (.txt), no qual os dados deverão estar previamente armazenados. Ao iniciar a execução do programa, será pedido para que o usuário digite o nome do arquivo. A seguir, o programa lê os dados no arquivo e executa a análise da treliça plana pelo método dos deslocamentos em forma matricial, obtendo o valor das solicitações nas barras e das reações nos vínculos. Após isto, é feito o dimensionamento das barras, fornecendo-se o número de fios de espaguete de cada barra.

DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento das barras tracionadas é feito com a equação 1,

$$\text{Número de fios} = \frac{N(\text{kgf})}{4,267(\text{kgf})} \quad (1)$$

na qual N é o esforço normal de tração a que está submetida a barra.

O dimensionamento das barras comprimidas é feito com a equação 2,

$$\text{Número de fios} = \sqrt{\frac{N * L^2}{279056 * r^4}} \quad (2)$$

em que N é o esforço normal de compressão em kgf, L o comprimento da barra e r o raio de um fio de espaguete, ambos em centímetro.

Estas equações foram obtidas com a realização de ensaios experimentais com barras de espaguete, que foram submetidas à tração e à compressão. O número de fios de espaguete das barras tracionadas é determinado pela divisão do esforço normal de tração a que está submetido a barra, pela resistência média de cada fio (4,267 kgf). Já as barras comprimidas rompem por um processo de flambagem. Para maiores detalhes sobre a dedução das fórmulas de dimensionamento consultar o endereço eletrônico <http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/dados.html>.

O programa considera que o número mínimo de fios de espaguete de uma barra deve ser três, ou seja, para barras cujos dimensionamentos resultam em um número de fios menor do que este, o programa considera que estas barras possuem três fios de espaguete.

Nos programas de análise de estruturas geralmente pede-se as áreas dos elementos para que se possa calcular os deslocamentos nodais. No entanto, como o objetivo deste programa é justamente determinar o número de fios de espaguete de cada barra e, conseqüentemente, as áreas das barras, esta informação não é requerida e os deslocamentos nodais não são fornecidos pelo programa.

Por este motivo, o valor do módulo de elasticidade também não é requerido. O programa utiliza o valor 36000 kgf / cm², determinado experimentalmente, para o cálculo do número de fios das barras comprimidas.

ENTRADA DE DADOS

Os dados contidos no arquivo texto devem seguir uma ordenação pré-definida, para que sejam armazenados corretamente pelo programa.

A ordem de colocação dos dados no arquivo será exemplificada com a utilização da estrutura, composta de quatro nós e cinco elementos, ilustrada na figura 1.

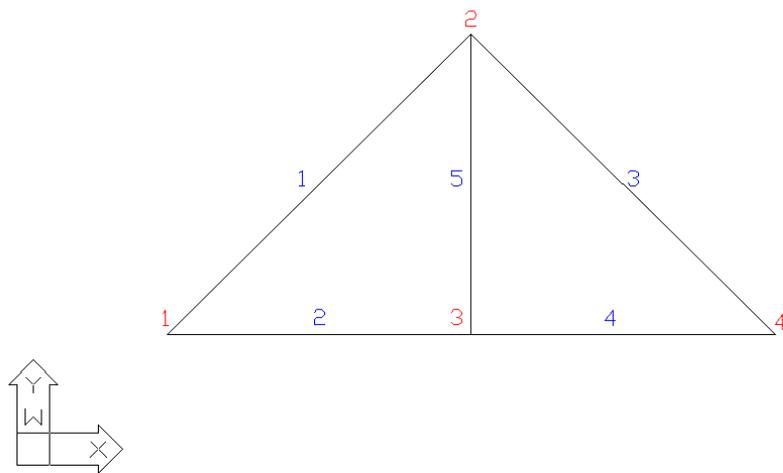


Figura 1: geometria da estrutura

As coordenadas dos nós em cm estão apresentadas no quadro 1:

Nomes dos nós	Coordenada x	Coordenada y
1	0	0
2	100	100
3	100	0
4	200	0

Quadro 1: coordenadas dos nós, em cm

As conectividades dos elementos estão apresentadas no quadro 2.

Nomes dos elementos	Nó inicial	Nó final
1	1	2
2	1	3
3	2	4
4	3	4
5	2	3

Quadro 2: conectividades dos elementos

Considerou-se a estrutura vinculada nos nós 1 e 4, nos dois eixos, horizontal e vertical; e com dois carregamentos diferentes, de 25 kgf e 50 kgf, ambos aplicados no nó 3, na direção vertical, para baixo.

Também utilizou-se um coeficiente de segurança à tração de 1,5 e um coeficiente de segurança à compressão de 2.

A figura 2 ilustra o arquivo texto com os dados correspondentes ao problema proposto.

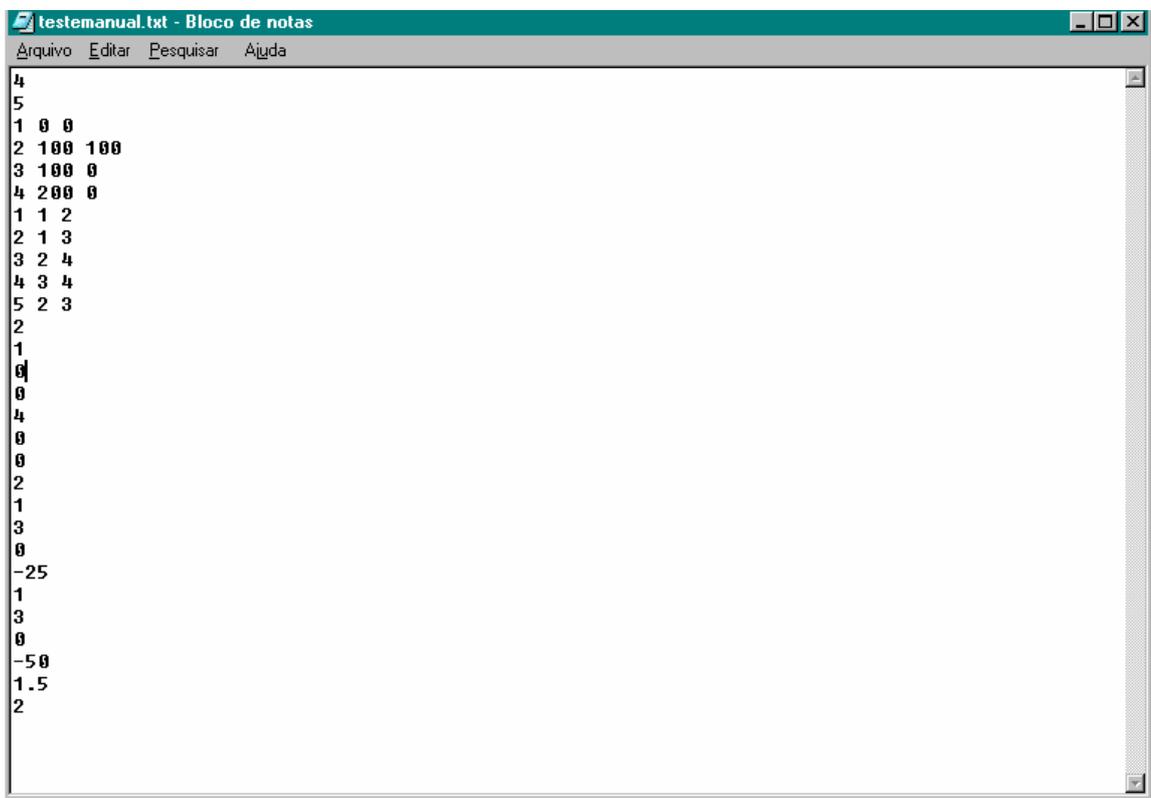


Figura 2: arquivo texto contendo os dados do problema

O primeiro valor corresponde ao número de nós (4) e o segundo ao número de elementos (5). Nas linhas seguintes são dadas as coordenadas dos nós. A primeira coluna corresponde ao nome do nó, a segunda coluna à coordenada horizontal e a terceira coluna à coordenada vertical. As coordenadas devem ser obrigatoriamente fornecidas em centímetro.

Feito isso, deve-se fornecer as conectividades. A primeira coluna corresponde ao nome dos elementos, a segunda ao nó inicial e a terceira ao nó final dos elementos.

O próximo passo é informar as condições de vinculação. O primeiro valor é o número de nós vinculados (2). Em seguida, o nome do primeiro nó vinculado (1) e o código de vinculação. Movimento restringido recebe o código 0 e movimento livre o código 1. Assim, no exemplo, como o nó 1 está vinculado em ambos os eixos horizontal e vertical, informa-se os dois valores zero e zero. Repete-se o processo para os nós seguintes, no caso, o nó 4, também vinculado nos dois sentidos.

A seguir devem ser fornecidos os dados referentes aos carregamentos. O primeiro valor corresponde ao número de carregamentos, sendo dois no exemplo. A seguir, para o primeiro carregamento, fornece-se o número de nós carregados, considerando-se um nó carregado no exemplo. Neste momento, digita-se o nome do primeiro nó carregado (3), o valor da carga na direção x (0) e o valor da carga na direção y (-25), repetindo-se este processo para os demais nós carregados do carregamento. Fornecidos estes dados, passa-se para o segundo carregamento, sendo utilizada a mesma seqüência, inicialmente o número de nós carregados do carregamento seguido pelos nomes e cargas dos nós carregados. Os valores das cargas devem estar em kgf.

Por fim, deve-se fornecer o valor desejado para o coeficiente de segurança à tração (1,5) e o coeficiente de segurança à compressão (2).

É necessário que haja pelo menos um espaço em branco ou uma vírgula entre duas informações. A não-existência desses separadores fará com que o programa leia os dados como se fossem um único valor.

Para valores não-inteiros, deve-se utilizar o ponto (.), para separar a parte inteira da parte fracionária. A utilização de vírgula (,) fará com que o programa leia o valor como inteiro, desprezando a parte decimal.

Algumas determinadas informações devem obrigatoriamente ser fornecidas como valores inteiros. Caso sejam fornecidos valores reais, o programa apresentará a mensagem de erro 'invalid INTEGER'. Esses valores são o número de nós, o número de elementos, os nomes dos nós, os nomes dos elementos, as conectividades dos elementos, o número de nós vinculados, os nomes dos nós vinculados, as condições de vinculação (0 ou 1), o número de carregamentos, o número de nós carregados para cada carregamento e os nomes dos nós carregados.

Ocorrerá também erro com a presença de algum outro caracter que não seja um número, como por exemplo letras. O programa exibirá as mensagens 'invalid INTEGER' ou 'invalid REAL', dependendo do lugar onde estiver posicionado esse caracter.

Se estiver faltando algum dado no arquivo, o programa exibirá a mensagem 'end of file encountered'.

Se o programa estiver sendo executado no ambiente Windows, caso ocorra algum erro, a janela do programa será fechada, não permitindo a visualização da mensagem de erro. Por este motivo, recomenda-se a utilização do programa através do prompt do MS-DOS.

Caso apareça na tela do programa a mensagem 'Matriz singular', provavelmente a estrutura analisada está em uma condição hipoestática. Deve-se rever as condições de vinculação.

Para que o programa possa ler os dados no arquivo de entrada, ambos devem estar gravados dentro da mesma pasta.

SAÍDA DE RESULTADOS

Da mesma maneira que a entrada de dados, a saída de resultados também é feita através de um arquivo, mas neste caso o formato é rtf. O nome do arquivo gerado é o mesmo do arquivo que contém os dados de entrada. Deve-se tomar cuidado que, caso já exista um arquivo com esse nome no formato rtf, este será substituído pelo arquivo gerado pelo programa.

No arquivo de saída de resultados primeiramente são exibidos os dados fornecidos pelo usuário, para que seja feita a verificação dos mesmos. Em seguida, são mostrados os resultados para cada carregamento. Na primeira coluna, listam-se os nomes dos elementos. Na segunda coluna, listam-se os comprimentos dos elementos, em centímetro. Na terceira coluna apresentam-se as solicitações nas barras que vão estar em unidades compatíveis com as das cargas. Na quarta coluna apresenta-se o número de fios de espaguete de cada barra; e na quinta coluna, o peso da barra, em gramas. Abaixo à tabela, encontra-se o peso total da treliça, em gramas. Por fim, encontram-se os dados referentes às reações nos nós vinculados.

A seguir, as figuras 3, 4 e 5 mostram o aspecto do arquivo de saída de dados, para o exemplo utilizado.

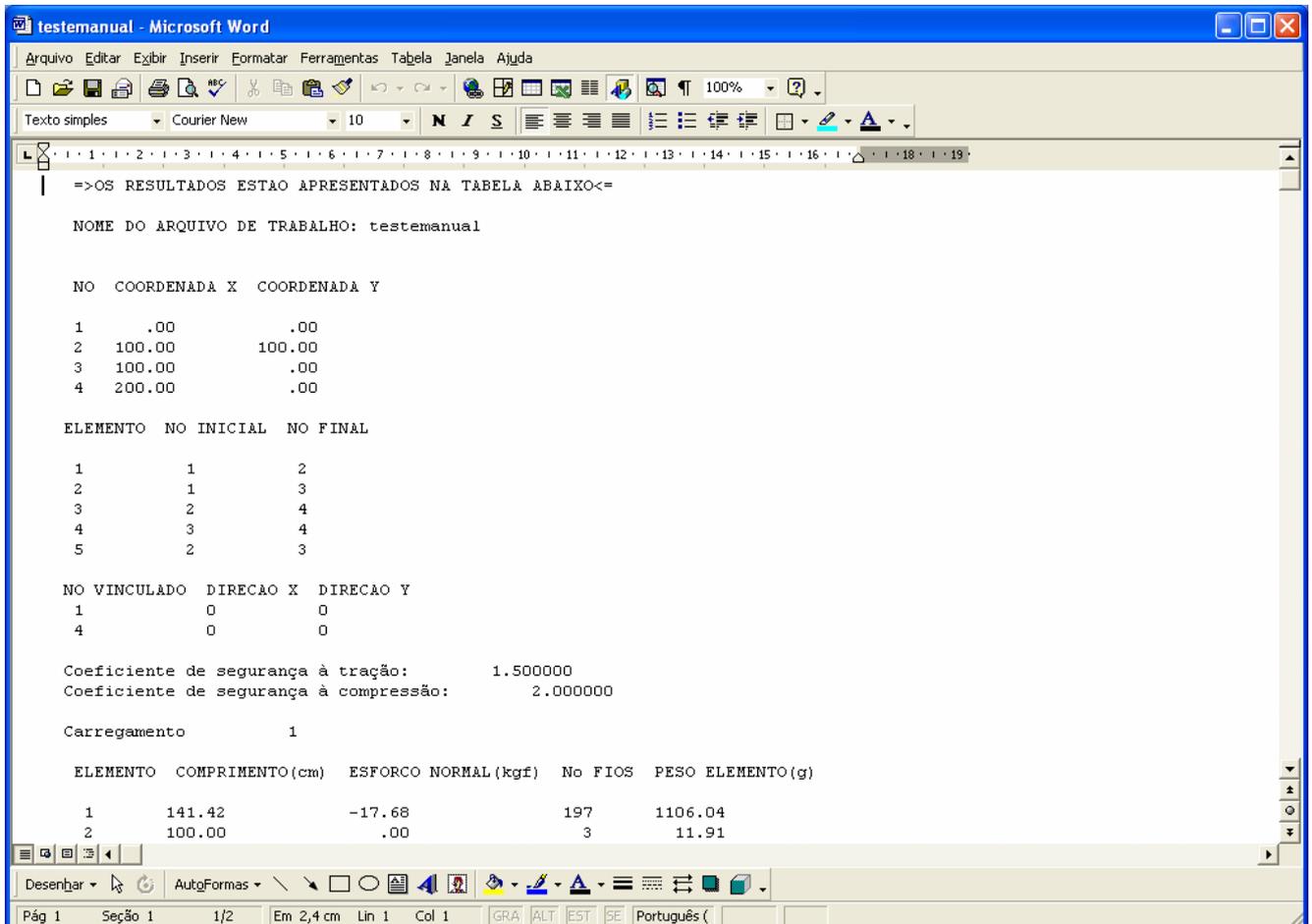


Figura 3: tela do arquivo de saída de dados

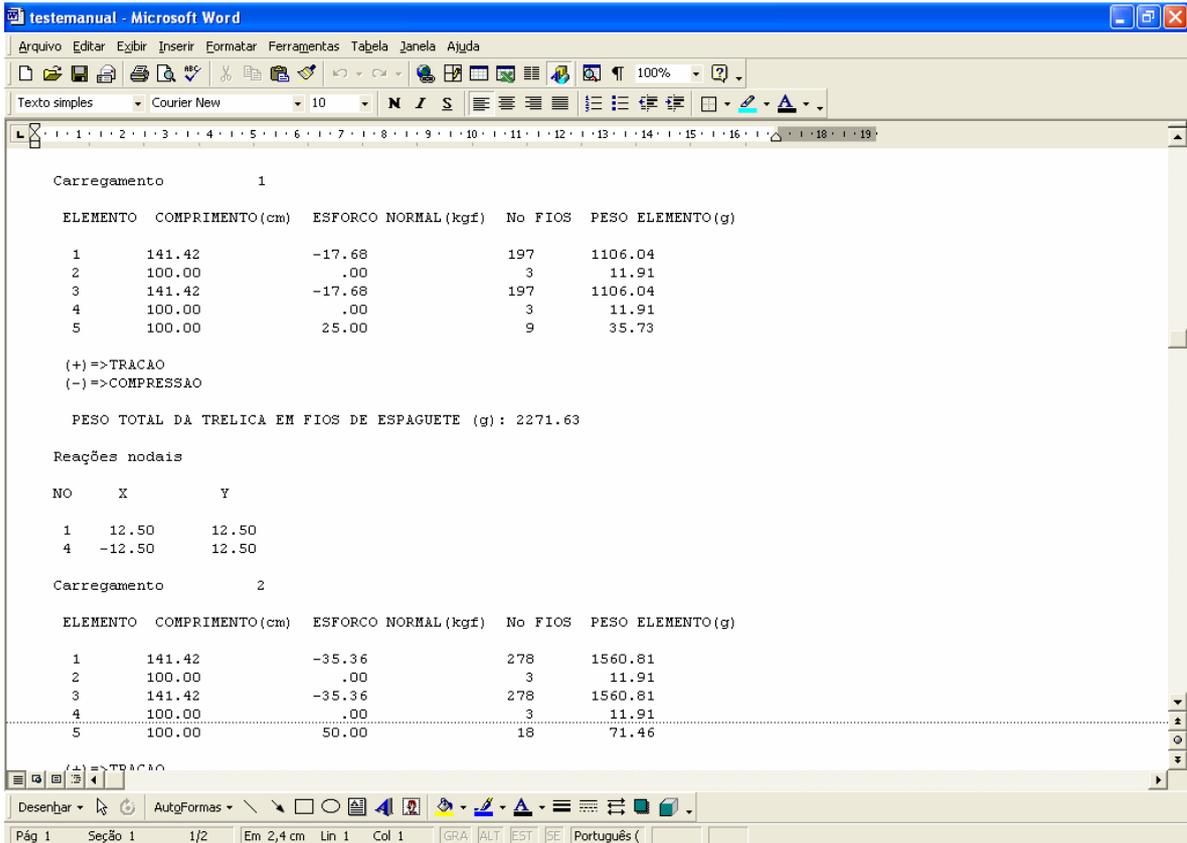


Figura 4: tela do arquivo de saída de dados

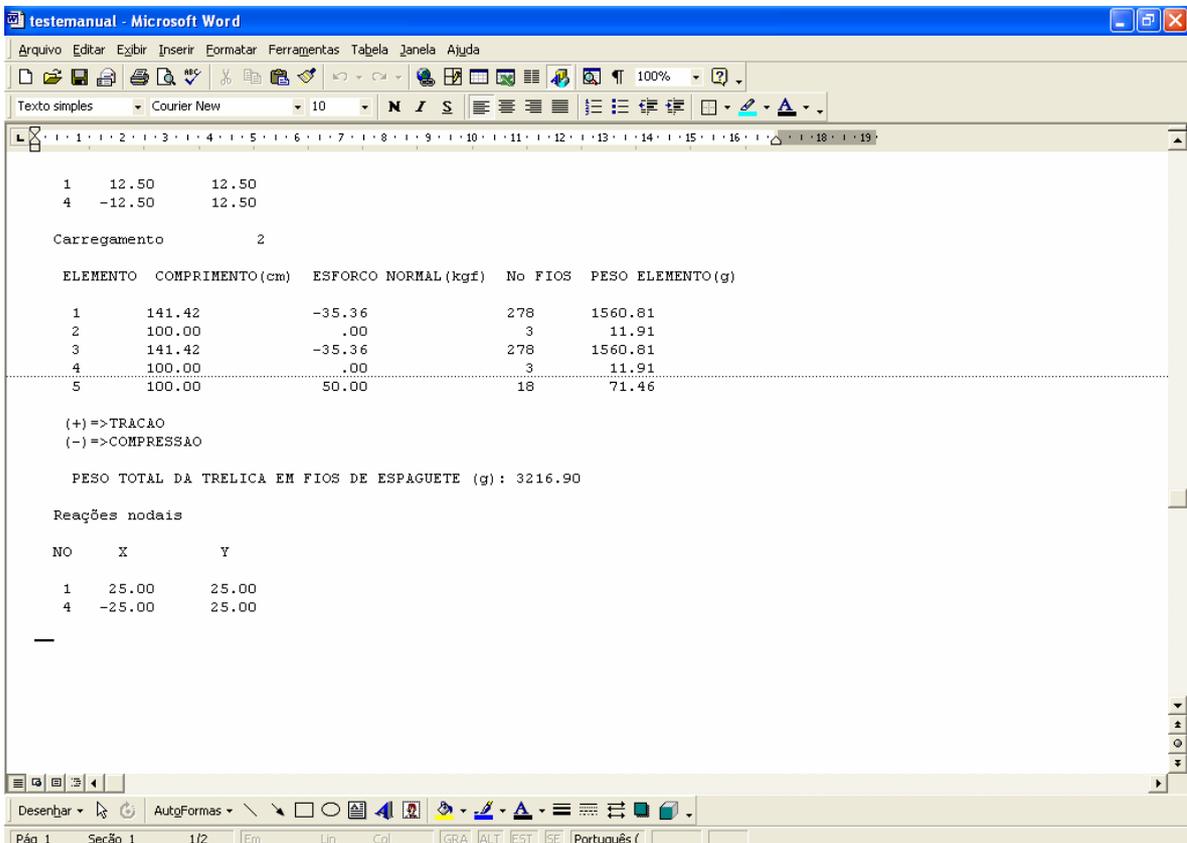


Figura 5: tela do arquivo de saída de dados