
MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA S3DCAD

(Versão 3.0/Junho de 1998)

Álvaro Ferreira Marques Azevedo (<mailto:alvaro@fe.up.pt>)
Joaquim António Oliveira de Barros (<mailto:barros@eng.uminho.pt>)

1 - INTRODUÇÃO

Este programa destina-se à manipulação da informação tridimensional contida nos ficheiros com a extensão *.s3d* (ver o manual do programa *drawmesh*), existindo também a possibilidade de ler e/ou gravar essa informação em ficheiros *.dxf* (*AutoCad 10* ou posterior). Depois de conceber uma malha de elementos finitos, esta pode também ser gravada num ficheiro com a extensão *_gl.dat* (ver o manual do programa *FEMIX*). A toda a informação que ainda não estiver definida são atribuídos valores por defeito.

As diversas operações efectuadas sobre a informação contida em ficheiros, ou presente na memória central, são seleccionadas por intermédio de comandos alfanuméricos, aos quais se segue na maior parte dos casos um conjunto de perguntas interactivas.

O programa *s3dcad* mantém em simultâneo na memória central duas malhas distintas, que foram lidas em ficheiros ou geradas. Estas duas malhas designam-se por *buffer a* e *buffer b*. Uma delas é a malha corrente, que é a malha sobre a qual são executados todos os comandos. O comando *ccf* comuta a malha corrente (*a @b* ou *b @a*). Como exemplo, é possível ler um ficheiro *.s3d* ou *.dxf* para a malha corrente, modificar e gravar a malha corrente e adicionar as malhas correspondentes ao *buffer a* e *buffer b*.

2 - COMANDOS

Em seguida apresenta-se, por ordem alfabética, a descrição de todos os comandos disponíveis.

2.1 - COMANDO *bts*

Este comando permite converter elementos sólidos em elementos de casca (*brick to shell transformation*). Cada elemento sólido tridimensional (*brick*) é convertido em seis elementos de casca (ver Fig. 1). Em seguida, o utilizador tem de especificar se pretende que as faces interiores (comuns a dois elementos) sejam eliminadas. Se estas forem eliminadas podem ficar alguns nós sem pertencerem a qualquer elemento, sendo aconselhável suprimi-los com o comando *elp*.

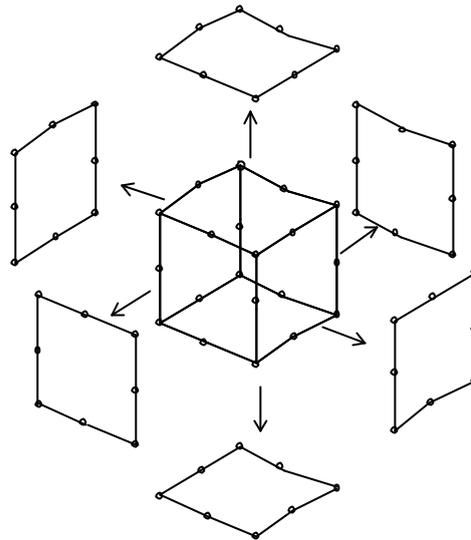


Fig. 1 - *bts* - Cada elemento de sólido tridimensional é convertido em seis elementos de casca.

O comando *bts* é fundamental para a visualização de sólidos tridimensionais. Se este comando não for utilizado não é possível a eliminação de superfícies escondidas com o programa *drawmesh* (ver o respectivo manual).

2.2 - COMANDO *ccf*

Este comando permite comutar a malha corrente (*change current buffer*). Assim, é possível comutar o *buffer* corrente de *a* para *b* ou de *b* para *a*. Todos os comandos do programa *s3dcad* são executados sobre a malha do *buffer* corrente.

2.3 - COMANDO *csm*

Este comando permite gerar uma malha simples (*create a simple mesh*). No *buffer* corrente é colocada uma das seguintes malhas:

- 1 - linha;
- 2 - retângulo;
- 3 - paralelepípedo;
- 4 - triângulo (formado por três elementos quadriláteros);
- 5 - quarto de círculo (formado por três elementos quadriláteros).

Em cada caso é necessário fornecer a seguinte informação adicional (ver Fig. 2):

- 1 - coordenadas *x*, *y*, *z* de dois pontos;
- 2 - dimensões em *x* e em *y* do retângulo;
- 3 - dimensões em *x*, em *y* e em *z* do paralelepípedo;
- 4 - dimensões em *x* e em *y* dos catetos do triângulo;
- 5 - raio do círculo.

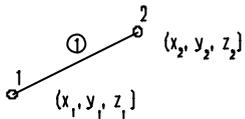
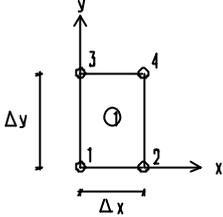
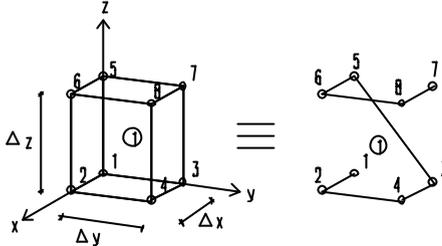
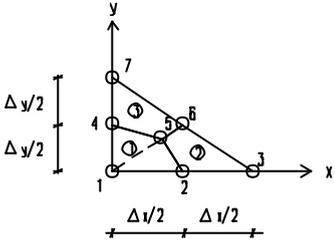
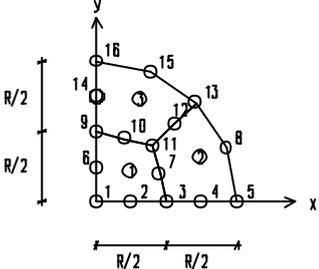
<p>1</p>	
<p>2</p>	
<p>3</p>	
<p>4</p>	
<p>5</p>	

Fig. 2 - *esm* - lista das malhas simples disponíveis.

2.4 - COMANDO *cue*

Este comando permite eliminar elementos que têm um ou mais nós fora de um par de planos (*cut elements outside a slice*). O eixo (x , y ou z) em relação ao qual os dois planos são perpendiculares tem de ser especificado. Em seguida, as coordenadas desses dois planos segundo o eixo indicado são solicitadas.

Os eventuais nós que ficarem desligados de qualquer elemento devem ser eliminados com comandos *elp*.

2.5 - COMANDO *cya*

Este comando permite repetir uma malha em torno de um eixo (*cylindric array*). A malha existente no *buffer* corrente é repetida n vezes em torno de um eixo, estando a malha existente incluída em n (por exemplo, para transformar um quarto de círculo num círculo, tem de se dar a n o valor quatro). O valor de n é solicitado ao utilizador, bem como a posição de dois pontos que definem o eixo de rotação no espaço tridimensional. Estes pontos podem ser definidos indicando os números de dois nós já existentes na malha ou fornecendo as coordenadas x , y , z desses dois pontos.

O utilizador tem ainda de indicar o ângulo entre repetições (em graus). No exemplo do círculo atrás citado tem de se fornecer um ângulo de 90° . A convenção relativa ao sinal deste ângulo encontra-se explicada na secção relativa ao comando *rot*.

2.6 - COMANDO *dxi*

Este comando permite ler as *polylines* existentes num ficheiro *.dxf*, convertendo essa informação numa malha de elementos finitos (*read a .dxf file - polylines only*). A malha de elementos finitos é colocada no *buffer* corrente. Todas as entidades que não sejam *polylines* 3D são ignoradas. O ficheiro *.dxf* tem de ser compatível com o programa *AutoCad 10* ou posterior. Cada *polyline* dá origem a um elemento finito com o número de nós igual ao número de vértices da *polyline*. Os nós com coordenadas coincidentes recebem números distintos. É aconselhável seleccionar em seguida a opção *ren*, para que seja atribuído um só número a esses nós coincidentes.

2.7 - COMANDO *dxo*

Este comando permite gravar a malha do *buffer* corrente num ficheiro *.dxf* (*write a .dxf file*). A malha é opcionalmente gravada como um conjunto de *lines* 3D ou *polylines* 3D. O ficheiro *.dxf* gerado é compatível com o programa *AutoCad 10* ou posterior. Se a malha for plana e estiver no plano yz , deve-se responder sim (*y*) à pergunta sobre a conversão de (x, y, z) em (z, x, y) , para que a malha plana seja colocada no plano preferencial de trabalho do *AutoCad*, que é o plano xy .

Marcas nos nós, marcas nos nós especiais, numeração de elementos, numeração de nós e numeração de nós especiais podem ser opcionalmente gravados no ficheiro *.dxf*. Quando algum destes

componentes é seleccionado, é necessário indicar as respectivas dimensões (aconselha-se os valores por defeito). Para tornar as marcas visíveis é necessário executar no *AutoCad* os comandos *SETVAR PDMODE 32* e *SETVAR PDSIZE x* (ver o manual do *AutoCad*). Caso se pretenda voltar a importar a malha para o **s3dcad**, deve-se seleccionar apenas a gravação de *polylines*. Se o objectivo for a produção de desenhos finais deve-se seleccionar *lines*, marcas e numerações. Cada um destes tipos de informação é colocado em *layers* distintos.

Observação: se o número de elementos for nulo e se apenas se pretender gravar as marcas nos nós, o título é escrito com uma altura de texto igual a 10^{30} . Este problema é facilmente ultrapassado no *AutoCad* apagando o título e *zoomando* as restantes entidades.

2.8 - COMANDO *ele*

Este comando permite eliminar grupos de elementos definidos com base na respectiva numeração (*eliminate ranges of elements*). O utilizador tem de especificar o número do primeiro e último elemento a eliminar, sendo eliminados todos os que estiverem contidos nesse intervalo (primeiro e último incluídos). São pedidos vários intervalos até a resposta ser 0 (zero). Se se pretender eliminar um só elemento, tem de se indicar o respectivo número como limite inferior e superior do intervalo. A numeração é sempre a da malha anterior à selecção deste comando. Só depois de terminado o fornecimento de intervalos é que os elementos são efectivamente eliminados e a sua numeração alterada.

Os eventuais nós que ficarem desligados de qualquer elemento devem ser eliminados com o comando *elp*.

2.9 - COMANDO *elp*

Este comando permite eliminar os nós que não pertencem a nenhum elemento (*eliminate points not belonging to any element*). Com este comando são removidos os nós que se encontram desligados dos elementos. Com a execução deste comando, a numeração dos restantes nós é modificada.

2.10 - COMANDO *end*

Este comando permite terminar a execução do programa regressando ao sistema operativo (*end s3dcad*). Se em algum dos *buffers* estiver uma malha alterada e ainda não gravada como ficheiro *.s3d*, a saída fica sujeita a uma confirmação.

2.11 - COMANDO *gen*

Este comando permite refinar uma malha (*generate a refined mesh*). A malha corrente é considerada como um conjunto de macro-elementos. Se existir o ficheiro *jobname_dw.dat*, as divisões e os pesos

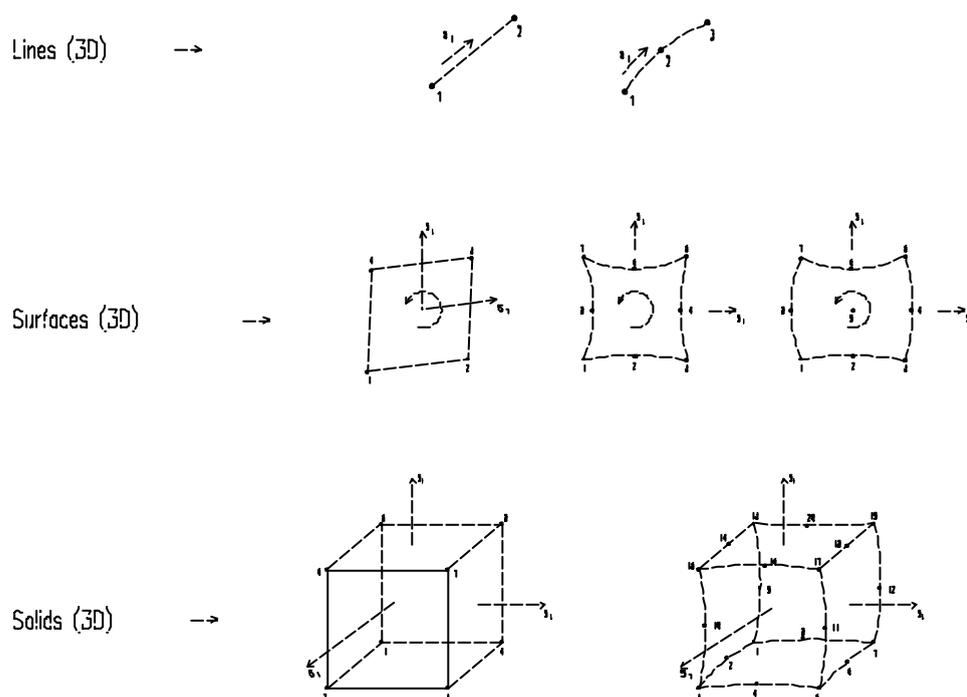
do refinamento são lidos nesse ficheiro (ver o ficheiro *demo_dw.dat*). Se o ficheiro *jobname_dw.dat* não existir, as divisões dos macro-elementos são solicitadas ao utilizador e os pesos são supostos todos iguais.

No Quadro 1 encontra-se a resposta que deve ser dada, em cada caso, à pergunta relativa ao número de dimensões locais (ver Fig. 3).

Quadro 1 - Número de dimensões locais para cada tipo de elemento.

Tipo de elemento	Número de dimensões locais
<i>Lines</i>	1
<i>Surfaces</i>	2
<i>Solids</i>	3

O número de nós dos elementos gerados e o número de divisões em cada direcção do referencial local (s_1 , s_2 , s_3), são também solicitados ao utilizador (ver Fig. 3).



Nota: os nós são definidos pelas coordenadas x , y , z em todos estes sete tipos de elemento.

Fig. 3 - Elementos disponíveis como macro-elementos e como elementos gerados. Está indicado o referencial local s_1 , s_2 , s_3 para cada caso.

No ficheiro *jobname_dw.dat* deve figurar a mesma informação que é solicitada interactivamente, acrescida da especificação dos pesos. Nesse ficheiro todos os caracteres situados à direita do símbolo

são ignorados. Se após a especificação das divisões aparecer a palavra chave **END_OF_FILE**, os pesos não são lidos e são supostos todos iguais. Se num determinado elemento e numa determinada direcção for colocado na lista dos pesos apenas o valor -1, todos os pesos são supostos iguais. A soma dos pesos não tem de ser unitária. O ficheiro *jobname_dw.dat* tem de terminar com a palavra chave **END_OF_FILE**.

Após o comando **gen** deve ser executado o comando **ren** para renumerar a malha. Deste modo, os nós que possuem coordenadas coincidentes são transformados num só nó.

2.12 - COMANDO *gld*

Este comando permite gravar um ficheiro com a extensão *_gl.dat* contendo a malha do *buffer* corrente (*write a _gl.dat file*). É necessário indicar qual o tipo de estrutura em que será convertida a malha de elementos finitos contida no *buffer* corrente. As nove possíveis respostas são:

- 1 - Estado plano de tensão
- 2 - Estado plano de deformação
- 3 - Estado axissimétrico
- 4 - Sólido tridimensional (bricks)
- 5 - Laje (Mindlin)
- 6 - Casca (Ahmad)
- 7 - Estrutura reticulada tridimensional (pórtico)
- 8 - Estrutura articulada tridimensional (treliça)
- 9 - Casca plana (Mindlin)

Nos casos 1, 2, 3, 5 e 9 (estruturas planas) e uma vez que no ficheiro *_gl.dat* apenas são colocadas duas coordenadas por nó, é perguntado ao utilizador se a estrutura está no plano x_1x_2 (xy), x_2x_3 (yz) ou x_1x_3 (xz).

Toda a informação que não está disponível nesta fase é gravada no ficheiro *_gl.dat* com valores por defeito. Na quase totalidade dos casos, o ficheiro *jobname_gl.dat* tem de ser alterado com um editor de texto antes da execução do programa *prefemix*. Isto deve-se ao facto de os valores por defeito relativos às acções não terem correspondência com a nova malha de elementos finitos. Para desactivar linhas contendo exemplos de acções que não se pretende utilizar, deve-se inserir o símbolo # na primeira coluna de cada uma dessas linhas. O facto de não se suprimir estas linhas poderá eventualmente facilitar o futuro acréscimo de tipos de acções, que numa primeira fase não foram considerados.

2.13 - COMANDO *mer*

Este comando permite reunir as malhas contidas nos *buffers a* e *b* numa única malha que é colocada no *buffer a* (*merge buffer b in buffer a*). O conteúdo do *buffer a* passa a ser a reunião das malhas que estavam nos dois *buffers*. No *buffer b* nada é alterado.

Após o comando *mer* deve ser executado o comando *ren* para renumerar a malha. Deste modo, os nós que possuem coordenadas coincidentes são transformados num só nó.

2.14 - COMANDO *mir*

Este comando permite substituir a malha do *buffer* corrente por uma malha correspondente à sua imagem num espelho (*mirror*). O plano do espelho é definido por três pontos não colineares no espaço tridimensional. Estes três pontos podem ser três nós da malha existente, identificados pelo seu número, ou três pontos quaisquer, definidos pelas suas coordenadas (x, y, z). Após o comando *mir*, o número de elementos e o número de nós mantêm-se porque a malha inicial é suprimida, sendo substituída pela sua imagem no espelho. Para corrigir automaticamente a numeração dos elementos finitos, é necessário indicar o número de variáveis locais, que depende do tipo de elemento (ver Fig. 3 e Quadro 1).

2.15 - COMANDO *mov*

Este comando permite adicionar um vector definido no espaço tridimensional a todos os nós da malha do *buffer* corrente (*move*). As componentes (x, y, z) do vector translação têm de ser especificadas pelo utilizador.

2.16 - COMANDO *paa*

Este comando permite repetir uma malha segundo os três eixos do referencial geral (*parallelepipedic array*). A malha existente no *buffer* corrente é repetida nx vezes segundo o eixo x , ny vezes segundo o eixo y e nz vezes segundo o eixo z . Por exemplo, para gerar uma malha com $2 \times 3 \times 4$ objectos, pode-se criar um dos objectos e executar este comando atribuindo a nx , ny e nz os valores 2, 3 e 4, respectivamente. É também solicitado ao utilizador o valor que é adicionado a cada coordenada (x, y, z) para obter o objecto adjacente (passo das repetições). Para repetir uma malha plana contida, por exemplo, no plano (x, y), deve-se atribuir a nz o valor unitário e ao respectivo passo um valor qualquer.

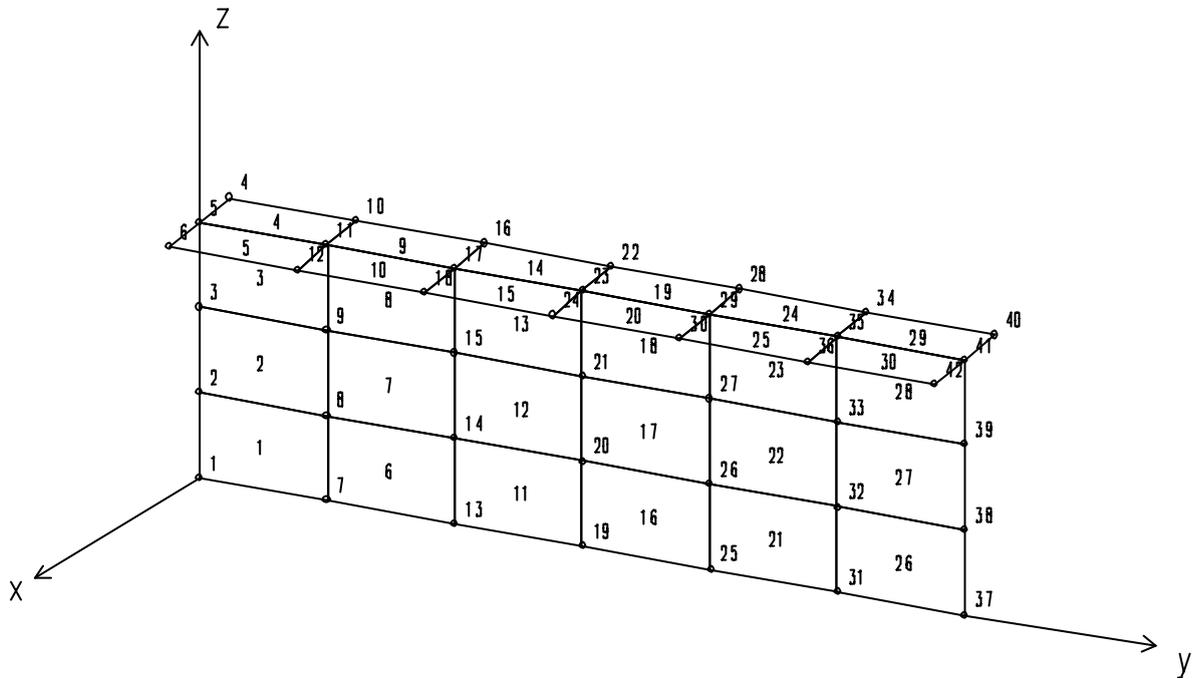
2.17 - COMANDO *rea*

Este comando permite substituir o conteúdo do *buffer* corrente por uma malha contida num ficheiro com a extensão *.s3d* (*read a .s3d file*) (ver o manual do programa *drawmesh*). O ficheiro *jobname.s3d* indicado pelo utilizador é lido e validado. Se nenhuma validação falhar, a malha contida nesse ficheiro é colocada no *buffer* corrente. Se existir algum erro no ficheiro *.s3d*, nada é lido e o *buffer* corrente fica vazio.

2.18 - COMANDO *ren*

Este comando permite renumerar os elementos, os nós e os nós especiais (*renumber elements, nodes and special nodes*). As coordenadas dos nós são ordenadas segundo os três eixos do referencial geral

(x, y, z) , podendo o utilizador seleccionar, com base num critério de minimização da semibanda, qual a direcção em que a numeração dos nós deve progredir com menor prioridade, com prioridade intermédia e com maior prioridade. No exemplo da Fig. 4 (viga parede em T discretizada com o elemento de casca), a direcção com mais nós é a direcção y , seguindo-se a direcção z e, por fim, a direcção x , que é a que tem menos nós.



Nota: a máxima diferença entre nós do mesmo elemento é igual a 8 e ocorre nos elementos 3, 8, 13, etc.

Fig. 4 - Viga parede em T.

O comando *ren* permite opcionalmente:

- ordenar os números dos elementos de modo a estes acompanharem a numeração dos nós;
- ordenar os números dos nós especiais de modo a estes acompanharem a numeração dos nós;
- substituir um conjunto de nós coincidentes (a menos de uma tolerância) por um só nó, actualizando a restante informação. Esta tolerância é também solicitada ao utilizador (aconselha-se para a generalidade dos casos o valor por defeito de 0.00001).

2.19 - COMANDO *rot*

Este comando permite rodar a malha do *buffer* corrente em torno de um eixo definido no espaço tridimensional (*rotate*). O eixo de rotação passa por dois pontos que podem ser dois nós da malha já existente, definidos pelos seus números, ou por dois pontos quaisquer, definidos pelas suas coordenadas (x, y, z) .

É também solicitado o ângulo de rotação em graus. Os dois pontos que definem o eixo de rotação definem também um vector orientado do primeiro para o segundo ponto. A um ângulo de rotação positivo corresponde uma rotação em torno desse vector, de acordo com a regra do saca rolhas.

2.20 - COMANDO *shr*

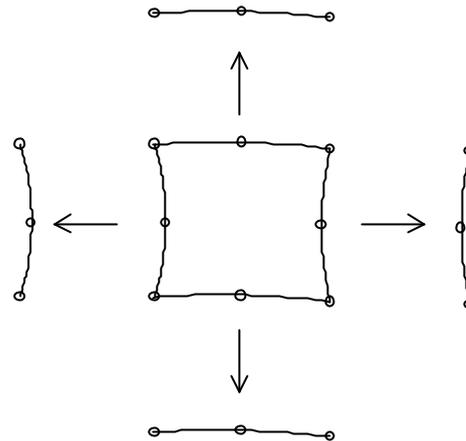
Este comando permite encolher os elementos da malha do *buffer* corrente (*shrink elements*). Deste modo, os nós de cada elemento são aproximados do seu ponto médio, dependendo a grandeza desta aproximação de um factor adimensional que é solicitado ao utilizador (o valor por defeito é 0.8). Se este factor for nulo, o elemento transforma-se num ponto. Se for unitário, o elemento mantém as suas dimensões. Se for maior do que a unidade, o elemento aumenta de tamanho. Exceptuando alguns casos particulares, o número de nós aumenta, porque deixa de haver nós partilhados por mais do que um elemento. O número total de nós da malha passa a ser o somatório dos nós dos elementos. Para transformar uma malha num conjunto de elementos desligados entre si, pode-se usar este comando com um factor de encolhimento unitário.

2.21 - COMANDO *snd*

Este comando permite detectar um conjunto de nós que são acrescentados à lista dos nós especiais (*special node detector*). Podem ser detectados todos os nós situados numa linha entre dois pontos, ou todos os nós contidos num plano definido por três pontos. Os nós que se encontram a uma distância inferior a uma tolerância, relativamente à linha ou ao plano, são seleccionados como nós especiais. O valor desta tolerância tem de ser fornecido pelo utilizador e o seu valor por defeito é 0.0001. A linha ou o plano podem ser definidos fornecendo números de nós existentes, ou coordenadas (x, y, z) de pontos no espaço. Para terminar a sequência de detecções de nós deve-se fornecer uma resposta nula à pergunta “2 or 3 point detection (line or plane)”.

2.22 - COMANDO *stf*

Este comando destina-se a converter cada elemento de casca em quatro elementos de barra (*shell to frame transformation*) (ver Fig. 5). O utilizador tem de especificar se pretende que os pares de barras interiores, comuns a dois elementos, sejam convertidos numa só barra.



Nota: o número de nós de cada bordo é mantido nos elementos gerados.

Fig. 5 - *stf* - cada elemento de casca é convertido em quatro barras.

As barras de três nós podem facilmente ser convertidas em barras de dois nós recorrendo ao comando *gen*.

Observação: quando um bordo é partilhado por mais do que dois elementos de casca, após a conversão com o comando *stf* com resposta afirmativa à pergunta atrás referida, ficam nesse bordo $n-1$ barras coincidentes em vez de uma só (n é o número de elementos de casca que partilham o bordo comum).

2.23 - COMANDO *sys*

Este comando permite enviar um comando para o sistema operativo (*send a command to the operating system*). Apresentam-se em seguida alguns exemplos:

- Listar os nomes dos ficheiros com a extensão *.s3d*:

```
MSDOS:   DIR   *.S3D
UNIX:    ls -l *.s3d
```

- Lançar o programa *drawmesh*, com o *jobname new* (ficheiro *new.s3d*) e com a representação inicial do plano *xy*:

```
MSDOS ou UNIX: drawmesh -xy new
```

2.24 - COMANDO *wri*

Este comando destina-se a gravar a malha do *buffer* corrente num ficheiro com a extensão *.s3d* (*write a .s3d file*) (ver o manual do programa *drawmesh*). A última versão da malha deve ser sempre gravada num ficheiro com extensão *.s3d*. Se tal não acontecer, ao executar o comando *end* o utilizador tem de confirmar que deseja terminar o programa *s3dcad* abandonando a última versão da malha. É

também aconselhável ir gravando com nomes distintos as sucessivas versões da malha que está a ser alterada, para se poder regressar a uma fase anterior em caso de engano.

2.25 - COMANDO *wrp*

Este comando permite gravar um ficheiro com a extensão *.pva*, contendo uma das coordenadas cartesianas dos nós (*write a .pva file with x, y or z*). A estrutura de um ficheiro com a extensão *.pva* é descrita no manual do programa *drawmesh*. O utilizador tem de especificar qual das três coordenadas (*x, y* ou *z*) pretende colocar no ficheiro *.pva*. Ao *jobname* é acrescentada a extensão fixa *_I*. O comando *wrp* destina-se a permitir visualizar uma coordenada cartesiana como um campo escalar. Com o programa *drawmesh* é possível visualizar a distribuição dos valores de um campo escalar por atribuição de cores dependentes da grandeza da variável do campo. As transições entre cores distintas (isocurvas) podem também ser visualizadas.

3 - EXECUÇÃO DO PROGRAMA S3DCAD EM MODO NÃO INTERACTIVO

O programa *s3dcad* pode ser executado em modo não interativo (*batch*), sendo suficiente gravar um ficheiro chamado por exemplo *resp*, no qual são colocados os comandos correspondentes a uma execução interactiva. No Quadro 2 apresenta-se um exemplo do ficheiro *resp* que gera a malha da Fig. 6.

Quadro 2 - Conteúdo do ficheiro *resp* que gera a malha da Fig. 6.

```
csm
  2      - rectangle
 12.5    - step in x
  3.8    - step in y

gen
  2      - surface generation
  8      - n. of nodes of the generated elements
  5      - n. of divisions in s1
  3      - n. of divisions in s2

ren
  1      - direction with the biggest number of nodes
  2      - direction with the medium number of nodes
  3      - direction with the smallest number of nodes
  y      - sort the element numbers
  y      - sort the special nodes
  y      - connect coincident nodes
 1e-5    - tolerance to compare nodal coordinates

wri
  mesh6  - jobname

end
```

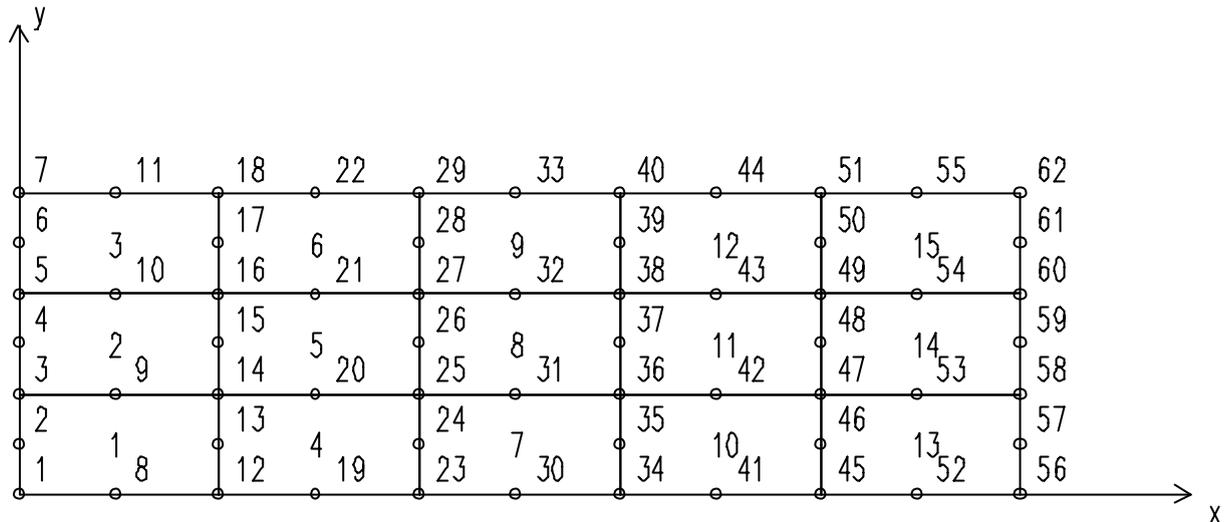


Fig. 6 - Malha gerada pelo ficheiro *batch* atrás designado *resp* (ver Quadro 2).

Para executar o programa *s3dcad* em modo *batch* deve ser digitado o seguinte comando:

```
s3dcad < resp > _screen
```

Deste modo, os dados que seriam introduzidos via teclado passam a ser lidos no ficheiro *resp* e toda a informação que seria enviada para o monitor passa a ser gravada no ficheiro *_screen* para posterior confirmação. Os ficheiros *resp* e *_screen* podem ter outra designação.

A malha da Fig. 4 pode ser gerada com o ficheiro *resp* do Quadro 3.

Quadro 3 - Conteúdo do ficheiro *resp* que gera a malha da Fig. 4.

```
csm
  2      - rectangle
  0.8    - size in x
  1.2    - size in y

paa
  3      - n. of repetitions in x
  6      - n. of repetitions in y
  1      - n. of repetitions in z
  0.8    - step of repetitions in x
  1.2    - step of repetitions in y
  0.0    - step of repetitions in z

rot
  c      - nodal coordinates
  0.0    - first point (x)
  0.0    - first point (y)
  0.0    - first point (z)
  0.0    - second point (x)
  1.0    - second point (y)
  0.0    - second point (z)
  -90.0  - rotation angle (degrees)
```

```
ccf

csm
  2      - rectangle
  0.6    - size in x
  1.2    - size in y

paa
  2      - n. of repetitions in x
  6      - n. of repetitions in y
  1      - n. of repetitions in z
  0.6    - step of repetitions in x
  1.2    - step of repetitions in y
  0.0    - step of repetitions in z

mov
  -0.6   - delta x
  0.0    - delta y
  2.4    - delta z

mer

ccf

ren
  2      - direction with the biggest number of nodes
  3      - direction with the medium number of nodes
  1      - direction with the smallest number of nodes
  y      - sort the element numbers
  y      - sort the special nodes
  y      - connect coincident nodes
  1e-5   - tolerance to compare nodal coordinates

wri
  mesh4  - jobname

end
```