

CAPÍTULO 4

4 - POSPROCESSAMENTO COM O PROGRAMA POSFEMIX

4.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Depois de terminada a execução do programa *femix*, tem de se recorrer ao programa *posfemix* para gravar ficheiros formatados com os resultados, podendo estes ser estruturados de diversas formas.

O programa *posfemix* dispõe de um menu principal com diversas opções relativas ao pós-processamento. Todas as opções são independentes, i.e., podem ser seleccionadas por qualquer ordem, não dependendo nenhuma delas das restantes. Antes de aparecer o menu principal, o utilizador tem de responder a algumas perguntas.

Na primeira tem de decidir se pretende que nas diversas opções os resultados se refiram aos casos de carga ou a combinações desses casos de carga. Nesta segunda hipótese tem de existir um ficheiro com a extensão *_cm.dat* (ver Secção 4.3).

Na resposta à segunda pergunta o utilizador deve indicar se as tensões/esforços necessitam ser actualizados. Se responder sim (*y*), as tensões/esforços são calculados e gravados num ficheiro com a extensão *_st.bin*. Este ficheiro é lido sempre que é seleccionada uma opção que necessita das tensões/esforços. Se responder não (*n*) e o ficheiro *_st.bin* não existir, não poderá seleccionar nenhuma das opções que necessitem das tensões/esforços (ver Quadros 4.1 e 4.2).

Nas lajes e nas cascas (*ntype*=5, 6 e 9) é ainda perguntado ao utilizador se pretende o pós-processamento com tensões ($\sigma, \dots, \tau, \dots$) ou com esforços resultantes por unidade de comprimento (*N, \dots, M, \dots*).

No Quadro 4.1 encontra-se o menu principal do programa *posfemix* e no Quadro 4.2 as precedências relativas às diversas opções.

Quadro 4.1 - Menu principal do programa *posfemix*

- 1) *_gl.lpt* file with the data
- 2) *_rs.lpt* file with the results
- 3) *_me.s3d* file with the undeformed mesh
- 4) *_dm.s3d* file with the deformed mesh
- 5) *_ps.s3d* file with the principal stresses
- 6) *_di.pva* file with the nodal displacements
- 7) *_st.pva* file with the nodal stresses
- 8) *_sg.s3d* file with the stress graphics
- 9) *_sp.pva* file with the soil pressure

Quadro 4.2 - Precedências relativas às diversas opções de pós-processamento

Sequência de execução dos programas:	Opções disponíveis
<i>prefemix; posfemix</i>	1, 3
<i>prefemix; femix; posfemix</i> sem cálculo de tensões/esforços	2 ^(*) , 4,6,9
<i>prefemix; femix; posfemix</i> com cálculo de tensões/esforços	2,5,7,8

(*) No ficheiro de resultados apenas são gravados os deslocamentos e as reacções.

As opções 1 e 3 não exigem a execução do programa *femix*, porque não necessitam dos deslocamentos e reacções, tornando assim possível visualizar os dados antes de ser efectuado o cálculo. As opções 2^(*), 4, 6 e 9 não necessitam de ler o ficheiro com as tensões/esforços (*_st.bin*).

4.2 - DESCRIÇÃO DAS DIVERSAS OPÇÕES DE POSPROCESSAMENTO.

A cada opção de pós-processamento está associada a gravação de um ficheiro formatado cuja extensão é indicada para cada caso.

4.2.1 - opção 1 (*_gl.lpt*)

Com esta opção é gravado um ficheiro com a extensão *_gl.lpt*, que contem, de uma forma mais estruturada, todos os dados especificados no ficheiro *_gl.dat*. Neste ficheiro são inseridos comentários mais completos sobre o significado dos diversos dados. Os comentários e os valores numéricos são formatados de uma forma standardizada. Convém recordar que no ficheiro *_gl.dat* os comentários são opcionais e o formato dos números é livre. Se um utilizador escrever programas específicos de pós-processamento em C ou noutra linguagem, deve ler toda a informação de que necessita no ficheiro *_gl.lpt* e não no ficheiro *_gl.dat*.

4.2.2 - Opção 2 (*_rs.lpt*)

Os resultados sob a forma numérica são gravados no ficheiro com a extensão *_rs.lpt*, quando se selecciona a opção 2. Neste ficheiro são sempre gravados os deslocamentos, as reacções, as tensões/esforços, as pressões no solo (se existirem faces de elementos apoiadas em solo), e o valor de algumas variáveis auxiliares, como sejam o valor de *nhbac*, *nhban*, *nnzte*, o tempo de resolução, as iterações para cada caso de carga (caso se utilize o método iterativo na resolução do sistema de equações), e os resíduos referidos na secção 3.5.

Os deslocamentos dos nós e as reacções nos graus de liberdade prescritos encontram-se nos referenciais indicados na Secção 2.2.2 (parâmetros *ndofn* e *nnses*). Os valores dos deslocamentos são gravados para todos os nós e todos os graus de liberdade da malha de elementos finitos. Para cada nó é indicado o referencial em que os deslocamentos são fornecidos. No caso das cascas espaciais (*ntype=6*) é ainda indicado se o nó é coplanar ou não coplanar. As reacções apenas existem em nós com apoio e apenas segundo os graus de liberdade prescritos. Para cada valor da reacção é

indicado o número do nó da malha, o referencial em que as reacções são apresentadas e o número do grau de liberdade do nó apoiado.

Os valores das tensões/esforços são gravados no ficheiro *_rs.lpt* em referenciais que dependem do tipo de estrutura (*ntype*) (ver Quadro 4.3).

Em problemas relativos a meios contínuos (*ntype* de 1 a 6 e 9), as tensões/esforços são calculadas e apresentadas nos pontos de Gauss dos elementos finitos (ver Secção 2.2.2 - parâmetro *ngstr*).

A localização dos pontos de Gauss encontra-se representada na Fig. 4.1 (*ntype* = 1, 2, 3, 5 e 9) e na Fig. 4.2 (*ntype* = 4). Nos elementos de casca de *Ahmad* (*ntype* = 6), quando o pós-processamento é relativo a esforços resultantes, os pontos de Gauss encontram-se na superfície média, de acordo com a Fig. 4.1. Quando o pós-processamento é relativo a tensões, a posição dos pontos de Gauss é calculada como se se tratasse de um sólido tridimensional (*ntype* = 4) (ver Fig. 4.2).

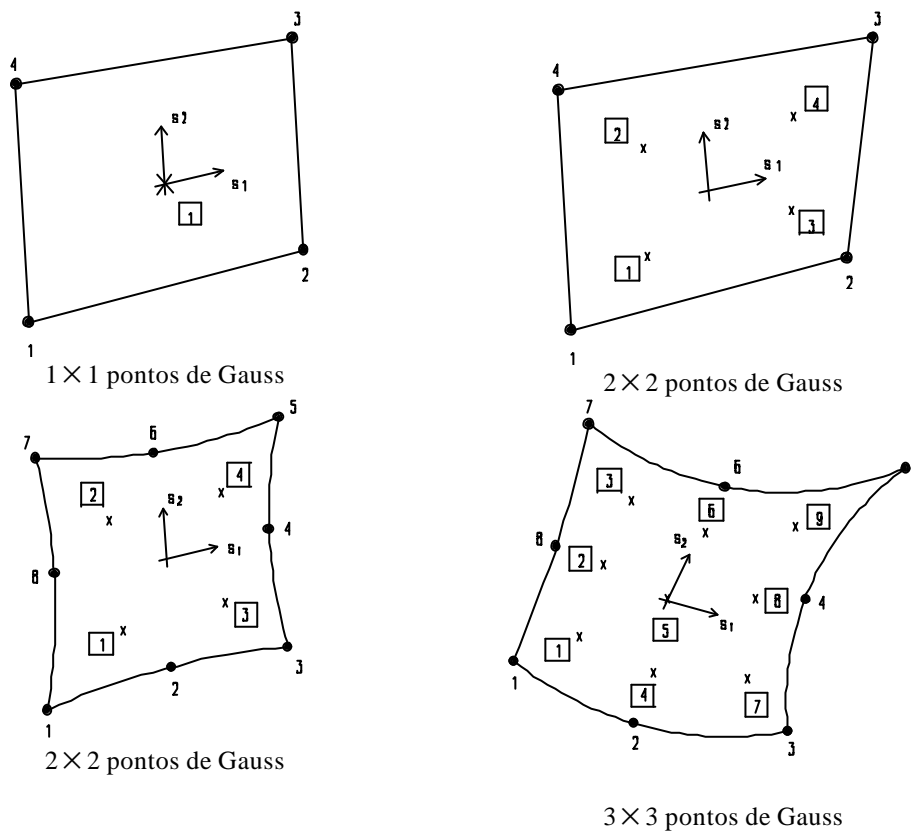


Fig. 4.1 - Posição dos pontos de Gauss para *ntype* = 1, 2, 3, 5 e 9 e para *nype* = 6 (esforços resultantes).

NOTA: o referencial local (s_1 e s_2) e a numeração dos pontos de Gauss estão relacionados com a numeração local dos nós do elemento, i.e., s_1 segue o sentido dos nós do primeiro bordo do elemento e o ponto de Gauss nº 1 é o que está mais próximo do primeiro nó. Nos elementos de 8 e 9 nós a posição dos pontos de Gauss é a mesma (ver Fig. 4.1).

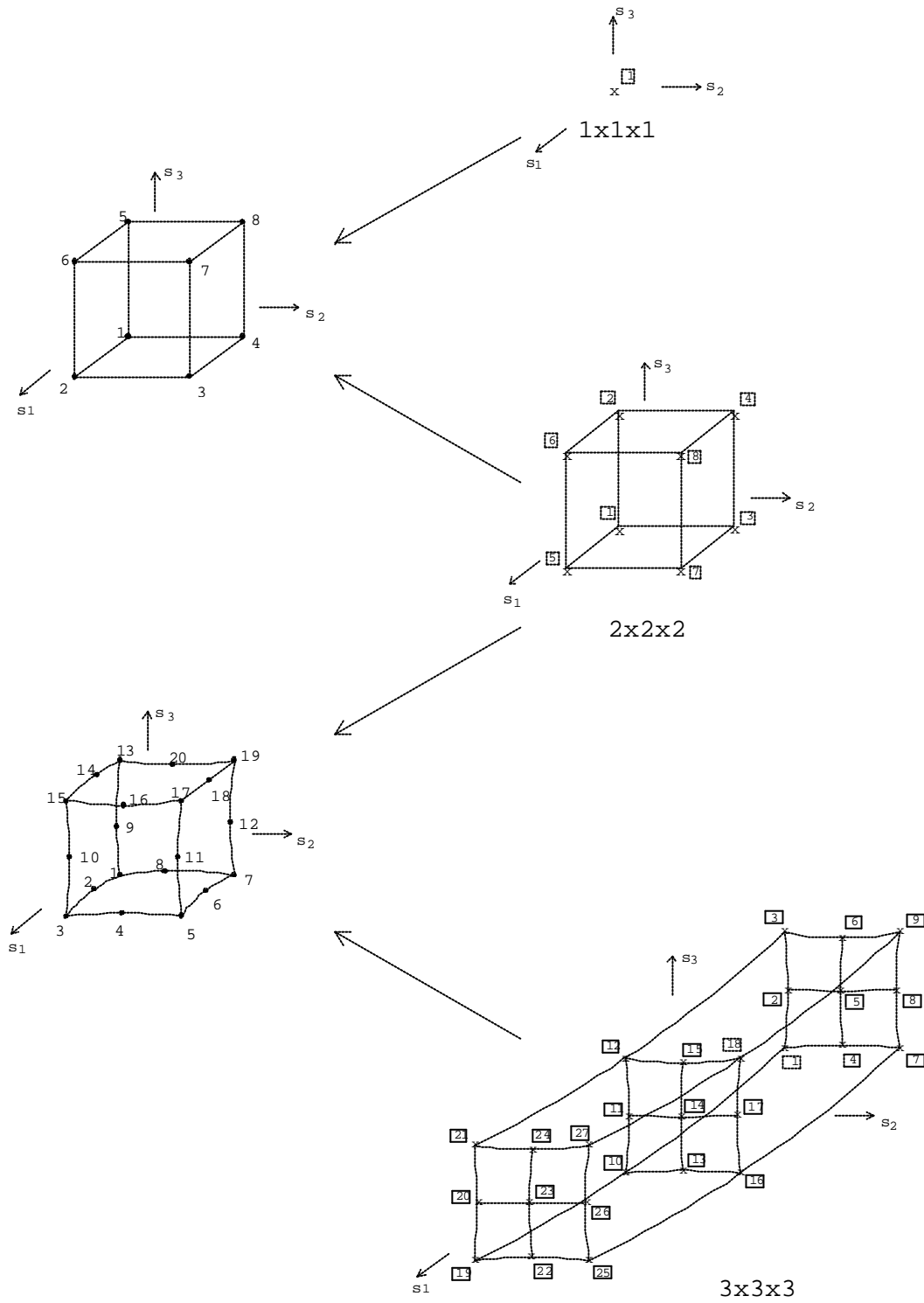


Fig. 4.2 - Posição dos pontos de Gauss para $ntype = 4$ e $ntype = 6$ (tensões).

Os esforços nas barras ($ntype = 7$ ou 8) são calculados e apresentados nos seus nós de extremidade (Fig. 4.3).

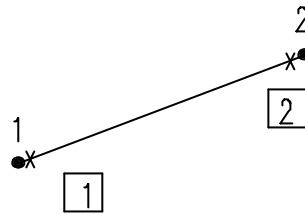


Fig. 4.3 - Posição dos pontos em que são calculados os esforços nas barras (*ntype* 7 ou 8).

Nas Figs. 4.4 a 4.9 apresentam-se as convenções relativas às tensões/esforços resultantes nos pontos de Gauss (*ntype* de 1 a 6 e 9).

No Quadro 4.3 encontra-se a ordenação das componentes do vector das tensões/esforços. É por esta ordem que as componentes deste vector são escritas no ficheiro de resultados (*_rs.lpt*).

$$s_{x_3} = 0 \text{ para } ntype=1$$

$$t_{x_2x_1} = t_{x_1x_2}$$

$$t_{x_3x_2} = t_{x_2x_3} = 0$$

$$t_{x_1x_3} = t_{x_3x_1} = 0$$

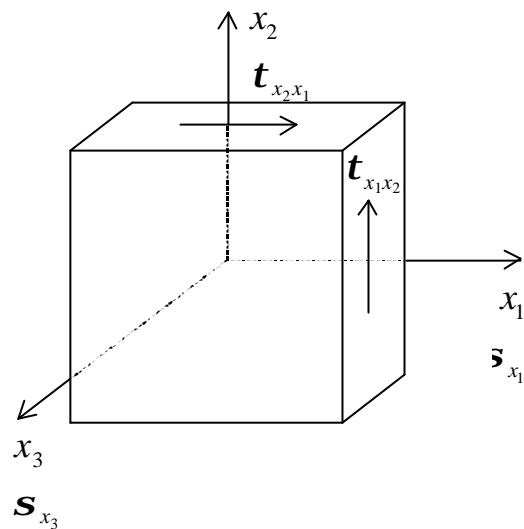


Fig. 4.4 - Tensões no referencial geral para *ntype* = 1, 2 ou 3.

$$t_{x_2x_1} = t_{x_1x_2}$$

$$t_{x_3x_2} = t_{x_2x_3}$$

$$t_{x_1x_3} = t_{x_3x_1}$$

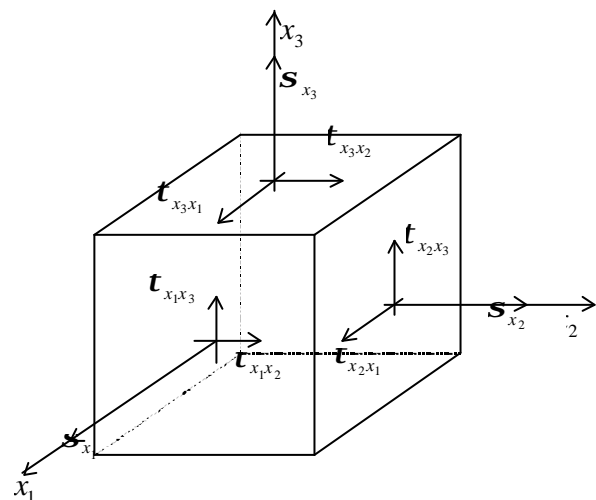


Fig. 4.5 - Tensões no referencial geral para *ntype* = 4.

Nas lajes (*ntype* = 5), as tensões s_{x_1} , s_{x_2} e $t_{x_1x_2}$ são calculadas na superfície superior do elemento, enquanto $t_{x_1x_3}$ e $t_{x_2x_3}$ são calculadas na superfície média (ver Fig. 4.6).

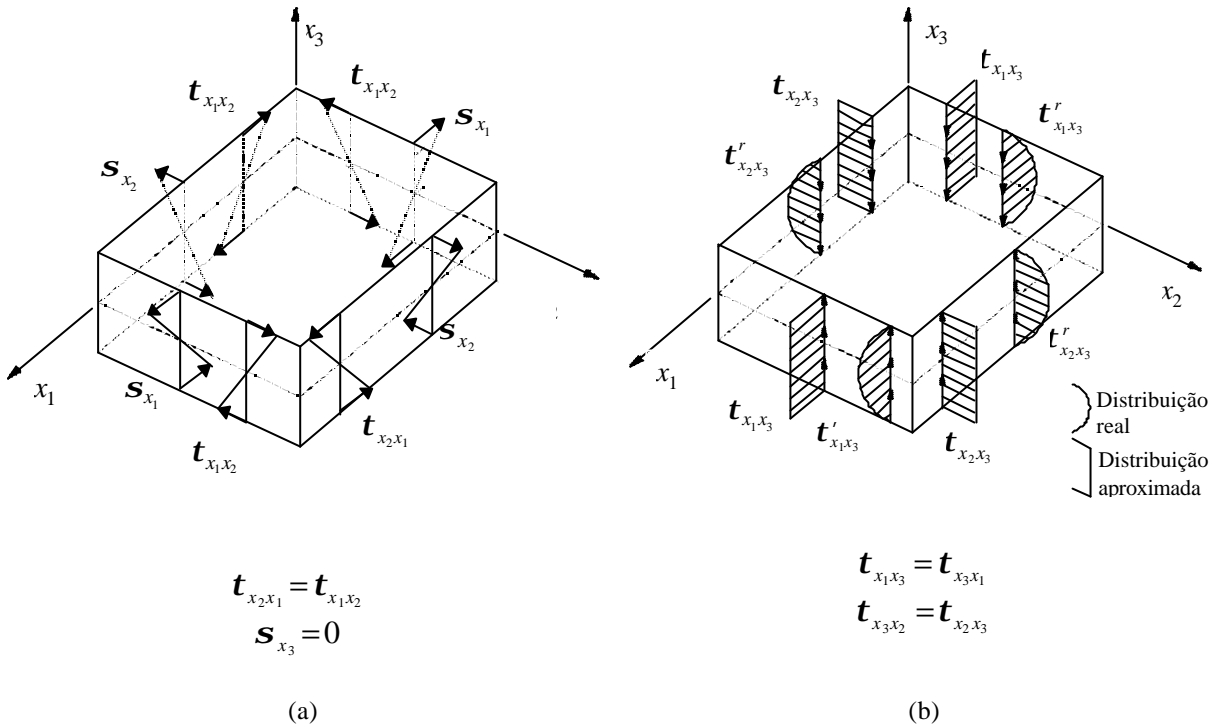


Fig. 4.6 - Tensões no plano da estrutura (a) e tensões de corte transversal (b) no referencial geral, para *ntype* = 5.

Na Fig. 4.7 representa-se os esforços resultantes que se desenvolvem num elemento de laje.

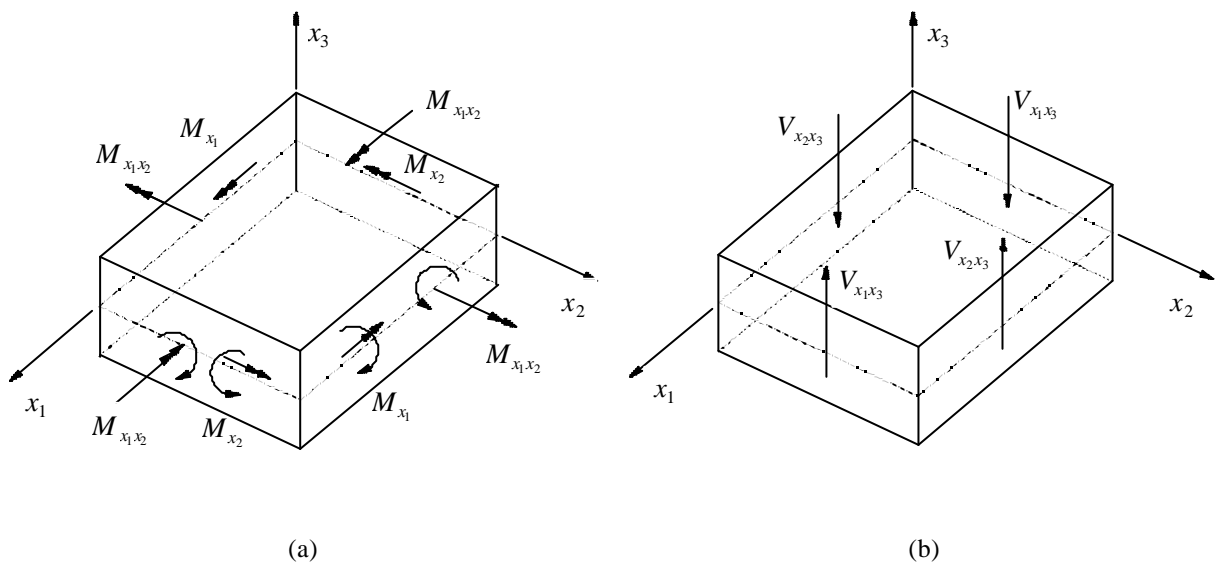


Fig. 4.7 - Esforços de flexão (a) e de corte (b) por unidade de comprimento no referencial geral, para *ntype* = 5.

Na Figura 4.8 representa-se as tensões que se desenvolvem num ponto de Gauss genérico I, de um elemento de casca espacial (*ntype=6*).

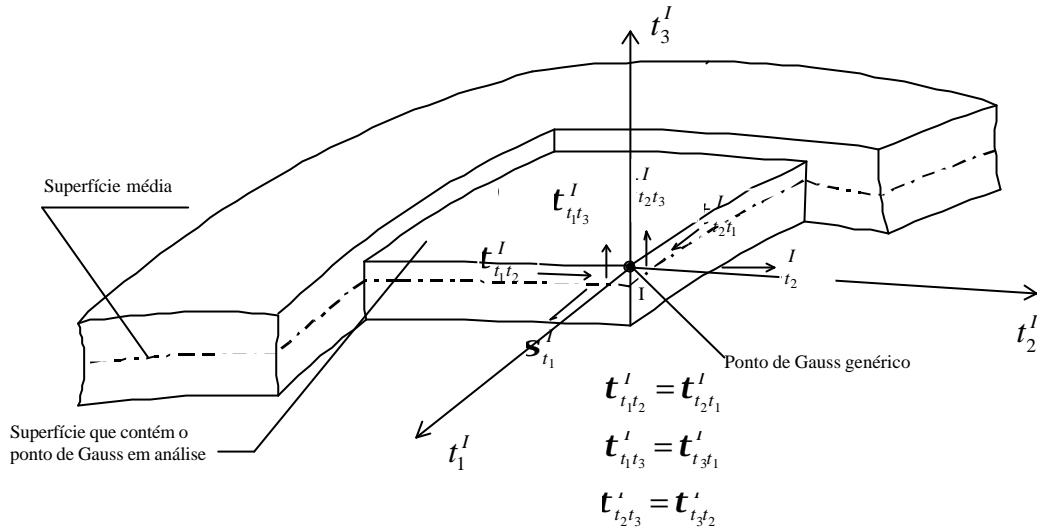


Fig. 4.8 - Tensões no referencial local para *ntype=6*.

Nesta figura t_1^I, t_2^I, t_3^I são os eixos do referencial local associado ao ponto de Gauss genérico I. Os eixos t_1^I e t_2^I são tangentes à superfície π (de cota $s_3 = \text{constante}$) no ponto de Gauss I, e o eixo t_3^I é ortogonal à superfície definida por t_1^I e t_2^I (t_3^I tem a direcção e o sentido do produto vectorial de t_1^I com t_2^I). Assim:

$s_{t_1}^I$ é a tensão no ponto de Gauss I do plano π segundo o eixo local t_1^I ;

$s_{t_2}^I$ é a tensão no ponto de Gauss I do plano π segundo o eixo local t_2^I ;

$t_{t_1t_2}^I$ é a tensão de corte no ponto de Gauss I, inscrita no plano $t_1^I t_2^I$;

$t_{t_2t_3}^I$ é a tensão de corte transversal no ponto de Gauss I, numa faceta normal ao eixo t_2^I e dirigida segundo o eixo t_3^I ;

$t_{t_3t_1}^I$ é a tensão de corte transversal no ponto de Gauss I, numa faceta normal ao eixo t_1^I e dirigida segundo o eixo t_3^I .

Na Figura 4.9 representa-se os esforços resultantes (por unidade de comprimento) no sistema coordenado local, num ponto de Gauss genérico I.

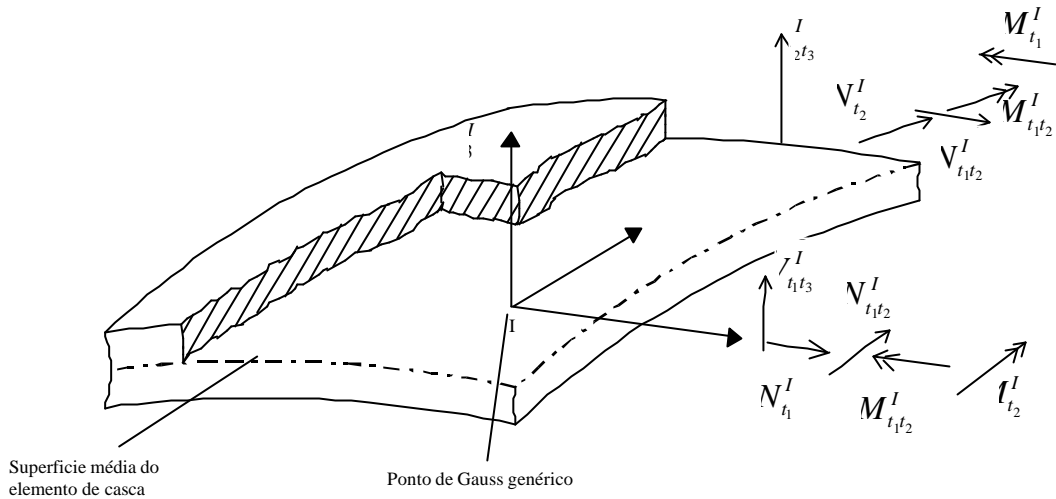


Fig. 4.9 - Esforços resultantes por unidade de comprimento no referencial local para *ntype=6*.

Estes esforços são determinados nos pontos de Gauss da superfície média do elemento e vêm referidos aos sistemas de eixos locais dos respectivos pontos de Gauss. Assim:

$N_{t_1}^I$ é o esforço de membrana (extensional) no ponto de Gauss número I e segundo a direcção do eixo local t_1^I ;

$N_{t_2}^I$ é o esforço de membrana (extensional) no ponto de Gauss número I e segundo a direcção do eixo local t_2^I ;

$N_{t_1t_2}^I = N_{t_2t_1}^I$ é o esforço de membrana (de corte) no ponto de Gauss número I e no plano t_1t_2 ;

$M_{t_2}^I = M_{t_1t_3}^I$ é o momento flector no ponto de Gauss número I em torno do eixo t_2^I (i.e. flexão no plano t_3t_1);

$M_{t_1}^I = M_{t_2t_3}^I$ é o momento flector no ponto de Gauss número I em torno do eixo t_1^I (i.e. flexão no plano t_3t_2);

$M_{t_1t_2}^I$ é o momento torsor no ponto de Gauss número I no plano t_1t_2);

$V_{t_2t_3}^I$ é o esforço de corte num plano normal a t_2 e dirigido segundo t_3 ;

$V_{t_1t_3}^I$ é o esforço de corte num plano normal a t_1 e dirigido segundo t_3 .

Nas Figs. 4.10 e 4.11 representam-se as tensões e os esforços resultantes que se desenvolvem num elemento de casca plano, respectivamente.

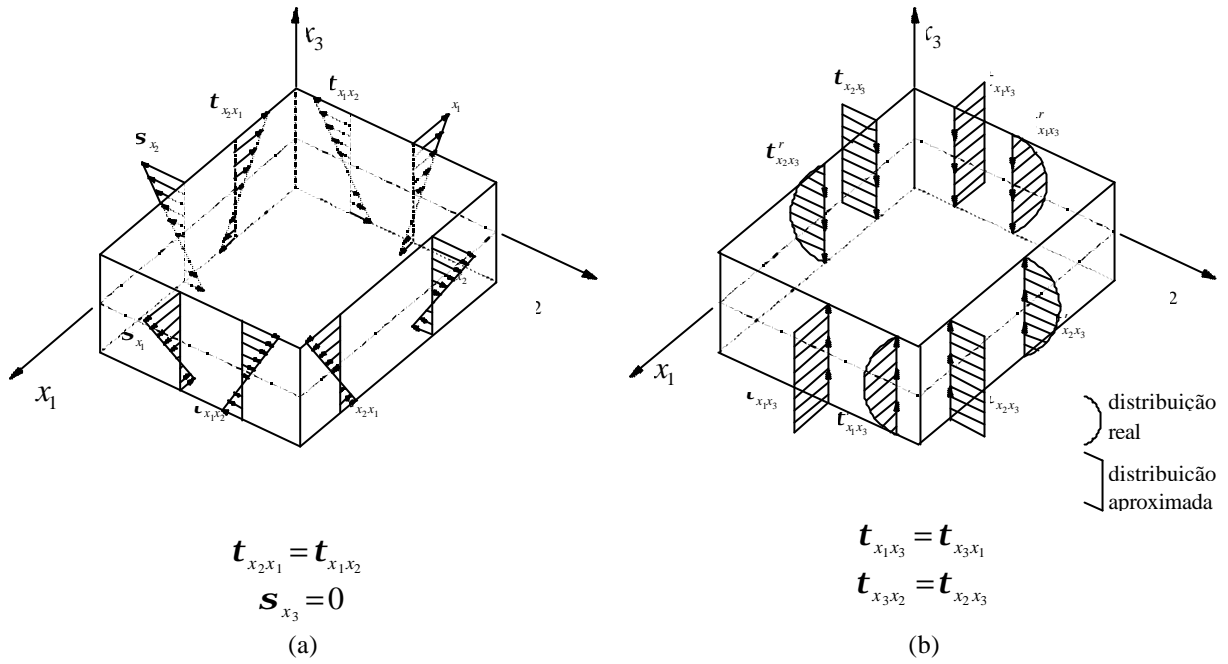


Fig. 4.10 - Tensões no plano da estrutura (a) e tensões de corte transversal (b) no referencial geral, para *ntype* = 9.

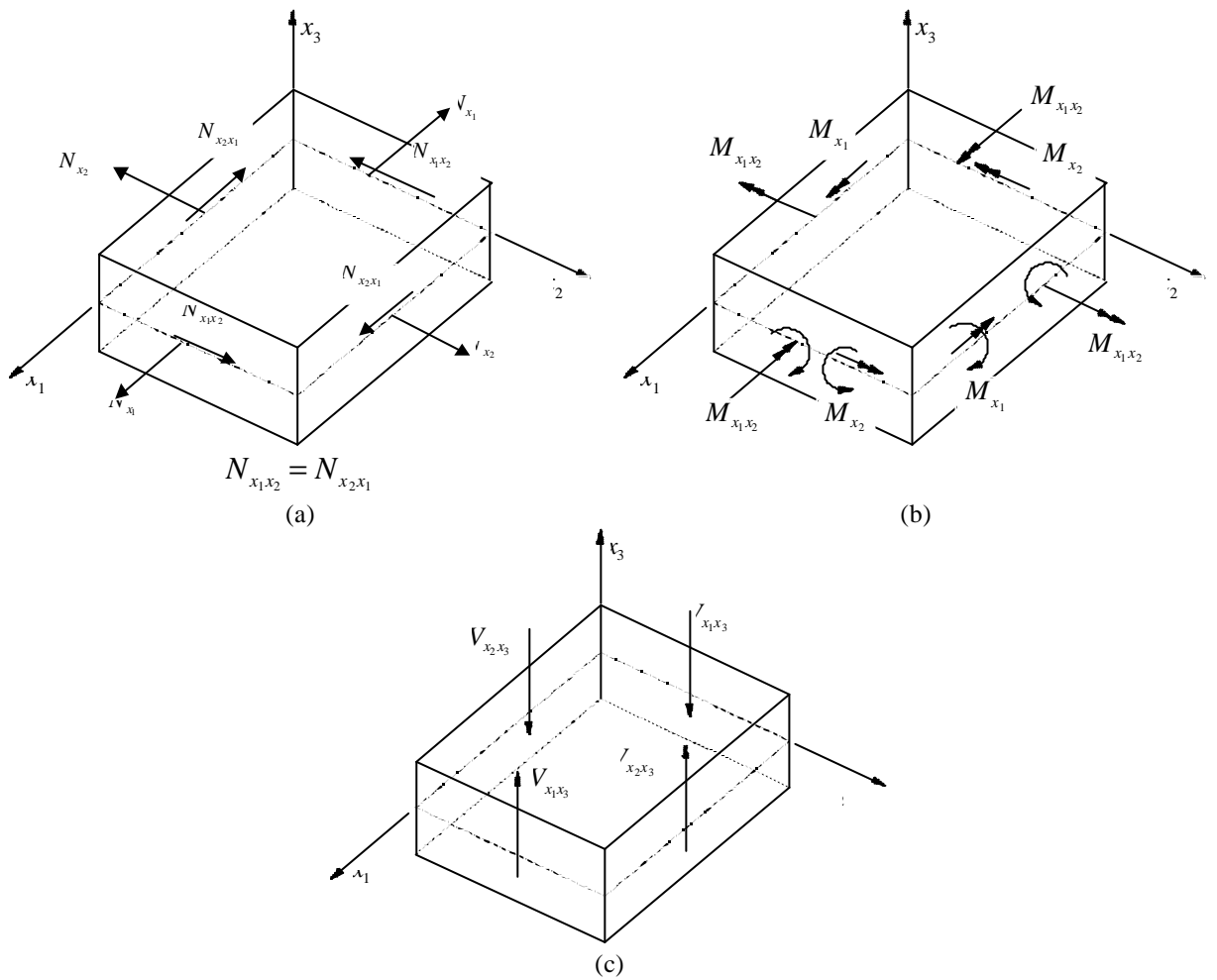


Fig. 4.11 - Esforços de membrana (a) flexão (b) e corte (c) por unidade de comprimento no referencial geral, para *ntype* = 9.

Quadro 4.3 - Ordenação das componentes do vector das tensões/esforços resultantes para cada tipo de estrutura

Tipo de estrutura (<i>ntype</i>)	Referencial	tensões/ esforços	Superfície	Componentes de tensões/esforços
1,2,3	G	tensões	-	$s_{x_1}, s_{x_2}, t_{x_1x_2}, s_{x_3}, s_I, s_{II}$
1	G	esforços	média	$N_{x_1}, N_{x_2}, N_{x_1x_2}, N_I, N_{II}$
4	G	tensões	-	$s_{x_1}, s_{x_2}, s_{x_3}, t_{x_1x_2}, t_{x_2x_3}, t_{x_3x_1}$
5	G	tensões	inferior ou superior	$s_{x_1}, s_{x_2}, t_{x_1x_2}, s_I, s_{II}$
5	G	tensões	média	$t_{x_2x_3}, t_{x_1x_3}, t_I$
5	G	esforços	média	$M_{x_2}, M_{x_1}, M_{x_1x_2}, V_{x_2x_3}, V_{x_1x_3}, M_I, M_{II}, V_I$
6	L	tensões	-	$s_{t_1}, s_{t_2}, t_{t_1t_2}, t_{t_2t_3}, t_{t_1t_3}, s_I, s_{II}, t_I$
6	L	esforços	média	$N_{t_1}, N_{t_2}, N_{t_1t_2}, M_{t_2}, M_{t_1}, M_{t_1t_2}, V_{t_2t_3}, V_{t_1t_3}, N_I, N_{II}, M_I, M_{II}, V_I$
9	G	tensões	inferior ou superior	$s_{x_1}, s_{x_2}, t_{x_1x_2}, s_I, s_{II}$
9	G	tensões	média	$s_{x_1}, s_{x_2}, t_{x_1x_2}, t_{x_2x_3}, t_{x_1x_3}, s_I, s_{II}, t_I$
9	G	esforços	média	$N_{x_1}, N_{x_2}, N_{x_1x_2}, M_{x_2}, M_{x_1}, M_{x_1x_2}, V_{x_2x_3}, V_{x_1x_3}, N_I, N_{II}, M_I, M_{II}, V_I$

G - Referencial global

L - Referencial local

s_I, s_{II} - Tensões principais no plano

t_I - Tensão principal de corte transversal

N_I, N_{II} - Esforços principais de membrana

M_I, M_{II} - Momentos principais

V_I - Esforço principal de corte

Os esforços nas barras (*ntype* 7 ou 8) são apresentados no referencial local (ver Fig. 4.12 e Anexo C) e com a mesma convenção nas duas extremidades. Assim, por exemplo um esforço axial constante de tracção é apresentado com sinal negativo na extremidade esquerda e positivo na direita, representando os referenciais da Fig. 4.12 acções do nó sobre a barra. Os momentos flectores estão posicionados em relação aos referenciais da Fig. 4.12 de acordo com a regra do saca rolha

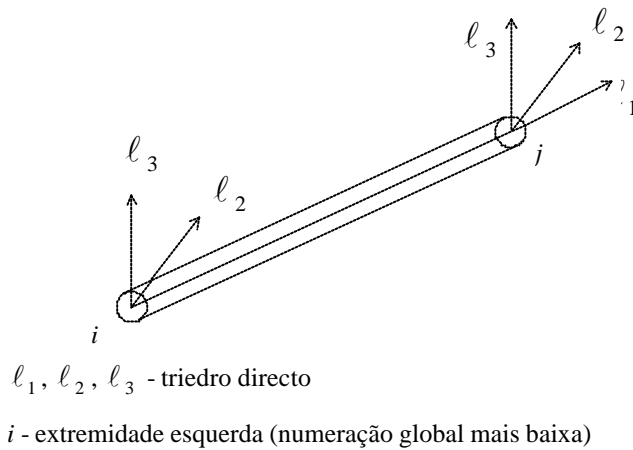


Fig. 4.12 - Referencial local de uma barra prismática.

No Quadro 4.4 encontra-se a ordenação das componentes do vector dos esforços nas barras (ver Anexo C). É por esta ordem que as componentes deste vector são escritas no ficheiro de resultados (*_rs.lpt*).

Quadro 4.4 - Ordenação das componentes do vector dos esforços nas barras para cada tipo de estrutura.

Tipo de estrutura (<i>ntype</i>)	Componente no vector dos esforços nas barras (*)					
	1	2	3	4	5	6
7	N_{l_1}	V_{l_2}	V_{l_3}	T_{l_1}	M_{l_2}	M_{l_3}
8	N_{l_1}	V_{l_2}	V_{l_3}			

Todos os esforços no referencial local.

(*) N - esforço axial V - esforço transversal T - momento torsor M - momento flector

4.2.3 - Opção 3 (*_me.s3d*)

Quando se selecciona a opção 3 é gravado um ficheiro com a extensão *_me.s3d* que inclui os dados necessários à visualização da malha indeformada com o programa *drawmesh* (ver o respectivo manual). Todos os ficheiros com a extensão *.s3d* têm a seguinte estrutura:

	título principal (máximo 60 caracteres)		
	título do desenho (máximo 6 caracteres)		
	número de elementos	número de nós	número de nós ligados ao exterior
(*)	contador de elementos	número de nós do elemento	lista dos nós do elemento
	contador de nós	coordenadas cartesianas tridimensionais	
	contador dos nós ligados ao exterior	número do nó ligado ao exterior	

A parte (*) do ficheiro pode ser repetida várias vezes.

Na representação gráfica, os nós dos elementos são ligados por segmentos rectilíneos.

Para visualizar sólidos tridimensionais (*bricks*), recorrendo ao programa *drawmesh* com eliminação das superfícies escondidas e com *shading/contour fill*, é necessário utilizar previamente o comando *bts* do programa *s3dcad* (ver o respectivo manual). As faces interiores podem ser eliminadas.

4.2.4 - Opção 4 (*_dm.s3d*)

Quando esta opção é seleccionada é gravado um ficheiro com a extensão *_dm.s3d* (ver Secção 4.2.3) que possibilita a visualização das deformadas relativas aos vários casos de carga/combinções com o programa *drawmesh*.

Além do número do caso de carga/combinção, é pedido ao utilizador o factor de ampliação dos deslocamentos dos nós. Para esta pergunta existe uma resposta por defeito, que corresponde a um factor de ampliação tal que o deslocamento máximo é representado com uma grandeza igual a um quinto da dimensão máxima da estrutura.

4.2.5 - Opção 5 (*_ps.s3d*)

Com a selecção desta opção é gravado um ficheiro com a extensão *ps.s3d* (ver Secção 4.2.3), que contém para cada caso de carga/combinção a informação que possibilita a obtenção do gráfico com as tensões/esforços principais (ver Quadro 4.5). No caso de estruturas *ntype*=1, 5, 6 ou 9 o utilizador pode optar por obter tensões ou esforços resultantes. Se optar por tensões, o ficheiro *jobname_ps.s3d* conterá a informação que permite representar graficamente as tensões principais por intermédio do programa *drawmesh*. Se optar por esforços resultantes o ficheiro *jobname_ps.s3d*

conterá a informação que permite representar graficamente os esforços principais por intermédio do referido programa.

O ficheiro com a extensão *_ps.s3d* deve ser concatenado com o ficheiro que resulta da selecção da opção 3 (*_me.s3d*), recorrendo à execução do seguinte programa com os argumentos indicados:

```
s3djoin -o nome jobname_me jobname_ps
```

A concatenação dos ficheiros *jobname_me* e *jobname_ps* num outro ficheiro (no anterior exemplo designou-se por *nome*) também pode ser efectuada por intermédio de um qualquer editor de texto, como seja o *notepad*.

Em seguida deve ser executado o programa *drawmesh*, fornecendo como *jobname nome*. Se se pretender representar os valores positivos com uma cor e os negativos com outra, tem de se editar o ficheiro *jobname.cfg* (ver manual do programa *drawmesh*).

Quadro 4.5 - Conteúdo do ficheiro com a extensão *_ps.s3d* para cada tipo de estrutura (*ntype*).

Tipo de estrutura (<i>ntype</i>)	Tensões/esforços resultantes	Conteúdo do ficheiro com a extensão <i>_ps.s3d</i>
1	tensões	tensões principais
1	esforços resultantes	esforços principais
2, 3	tensões	tensões principais
4	tensões	-
5	tensões	tensões principais de na superfície superior dos elementos
5	tensões	tensões principais de corte transversal na superfície média dos elementos
5	esforços resultantes	esforços resultantes principais de flexão (momentos)
5	esforços resultantes	esforços resultantes principais de corte transversal
6	tensões	-
6	esforços resultantes	esforços resultantes principais de membrana
6	esforços resultantes	esforços resultantes principais de flexão (momentos)
6	esforços resultantes	esforços resultantes principais de corte transversal
7, 8	esforços resultantes	-
9	tensões	tensões principais na face superior, na face intermédia ou na face inferior dos elementos
9	tensões	tensões principais de corte transversal na superfície média dos elementos
9	esforços resultantes	esforços resultantes principais de membrana
9	esforços resultantes	esforços resultantes principais de flexão (momentos)
9	esforços resultantes	esforços resultantes principais de corte transversal

Quando se selecciona esta opção é pedido um factor destinado a converter unidades de tensão/esforço em unidades de comprimento. Se o valor por defeito não conduzir a um gráfico bem proporcionado, um aumento deste factor conduz a um gráfico em que os segmentos de recta que representam as tensões/esforços aparecem com maiores dimensões.

4.2.6 - Opção 6 (*_di.pva*)

A selecção da opção 6 conduz à gravação de um ficheiro com a extensão *_di.pva*, cujo conteúdo são os deslocamentos generalizados correspondentes a um dos *ndofn* graus de liberdade (ver Secção 2.2.2 - parâmetro *ndofn*). Os ficheiros com a extensão *.pva* possuem um número de linhas igual ao número de nós da estrutura, contendo cada linha o valor de um campo escalar precedido do número do respectivo nó. Este campo escalar pode ser visualizado por intermédio da coloração entre isocurvas, recorrendo à opção *C* do programa *drawmesh* e indicando *di* como extensão. Antes de executar este programa é necessário copiar o ficheiro *jobname_me.s3d* ou *jobname_dm.s3d* para *jobname.s3d*, sendo possível visualizar o campo escalar sobre a malha inicial ou sobre a deformada.

Ex: `copy jobname_me.s3d jobname.s3d`

Esta opção só permite tratar um caso de carga/combinção e um deslocamento generalizado de cada vez. Para mais tarde poder visualizar diversas situações, é aconselhável mudar a extensão ao ficheiro *_di.pva*, recorrendo a um comando do sistema operativo *MSDOS*.

Ex: `ren jobname_di.pva jobname_drx15.pva`
(rotação q_{x_1} do caso de carga número 5)

ou ao comando *rename* do sistema operativo do *Windows*.

A opção 6 só está disponível para meios contínuos (*ntype* de 1 a 6 e 9)

4.2.7 - Opção 7 (*_st.pva*)

Nesta opção tudo é semelhante à opção anterior (ver Secção 4.2.6) com a excepção de o ficheiro gravado ter a extensão *_st.pva* e de o seu conteúdo ser uma tensão ou esforço.

No caso de estruturas discretizadas com elementos de casca de *Ahmad*, e existindo nós não coplanares na malha, será construído um ficheiro *jobname_d.s3d* com os elementos desconectados. Numa malha desconectada o número de nós é igual ao número de elementos (*nelem*) vezes o número de nós do elemento (*nnode*). Assim, na malha desconectada não existe nós comuns a elementos. Neste caso, em vez de ser gravado um ficheiro com a extensão *_st.pva* é gravado um ficheiro com a extensão *_d_st.pva*, cujo número de nós é igual ao número de elementos (*nelem*) vezes o número de nós por elemento (*nnode*). Este procedimento deve-se ao facto de o valor das tensões/esforços nos nós não coplanares não deverem ser a média dos valores determinados a partir da extrapolação

efectuada nos elementos que contêm esse nó, dado essas grandezas estarem definidas em diferentes referenciais.

No Quadro 4.6 encontram-se as componentes de tensão/esforço que é possível escolher para cada tipo de estrutura. Constate-se que no caso das estruturas submetidas a estado plano de tensão e no caso das lajes e cascas (*ntype* 1, 5, 6 e 9), dependendo da selecção efectuada ao iniciar o programa **posfemix**, é possível obter colorações entre isocurvas relativamente a tensões ou esforços resultantes referidos à superfície média. Em relação às lajes e cascas (*ntype* 5, 6 e 9) e no caso do pós-processamento de tensões, é ainda necessário indicar se se pretende os resultados referidos à superfície inferior, média ou superior.

Quadro 4.6 - Componentes de tensões/esforços que podem ser seleccionadas na opção nº 7.

Tipo de estrutura (<i>ntype</i>)	Referencial	tensões/esforços	Superfície	Componente de tensões/esforços
1	G	tensões	-	Von Mises, \mathbf{s}_{x_1} , \mathbf{s}_{x_2} , $\mathbf{t}_{x_1x_2}$, \mathbf{s}_{x_3} , \mathbf{s}_I , \mathbf{s}_{II}
1	G	esforços	média	N_{x_1} , N_{x_2} , $N_{x_1x_2}$, N_I , N_{II}
2	G	tensões	-	Von Mises, \mathbf{s}_{x_1} , \mathbf{s}_{x_2} , $\mathbf{t}_{x_1x_2}$, \mathbf{s}_{x_3} , \mathbf{s}_I , \mathbf{s}_{II}
3	G	tensões	-	Von Mises, \mathbf{s}_{x_1} , \mathbf{s}_{x_2} , $\mathbf{t}_{x_1x_2}$, \mathbf{s}_{x_3} , \mathbf{s}_I , \mathbf{s}_{II}
4	G	tensões	-	Von Mises, \mathbf{s}_{x_1} , \mathbf{s}_{x_2} , \mathbf{s}_{x_3} , $\mathbf{t}_{x_1x_2}$, $\mathbf{t}_{x_2x_3}$, $\mathbf{t}_{x_3x_1}$
5	G	tensões	inferior ou superior	Von Mises, \mathbf{s}_{x_1} , \mathbf{s}_{x_2} , $\mathbf{t}_{x_1x_2}$, \mathbf{s}_I , \mathbf{s}_{II}
5	G	tensões	média	$\mathbf{t}_{x_2x_3}$, $\mathbf{t}_{x_1x_3}$, \mathbf{t}_I
5	G	esforços	média	M_{x_2} , M_{x_1} , $M_{x_1x_2}$, $V_{x_2x_3}$, $V_{x_1x_3}$, M_I , M_{II} , V_I
6	L	tensões	inferior ou superior	Von Mises, \mathbf{s}_{t_1} , \mathbf{s}_{t_2} , $\mathbf{t}_{t_1t_2}$, \mathbf{s}_I , \mathbf{s}_{II}
6	L	tensões	média	Von Mises, \mathbf{s}_{t_1} , \mathbf{s}_{t_2} , $\mathbf{t}_{t_1t_2}$, $\mathbf{t}_{t_2t_3}$, $\mathbf{t}_{t_1t_3}$, \mathbf{s}_I , \mathbf{s}_{II} , \mathbf{t}_I
6	L	esforços	média	N_{t_1} , N_{t_2} , $N_{t_1t_2}$, M_{t_2} , M_{t_1} , $M_{t_1t_2}$, $V_{t_2t_3}$, $V_{t_1t_3}$, N_I , N_{II} , M_I , M_{II} , V_I
9	G	tensões	inferior ou superior	Von Mises, \mathbf{s}_{x_1} , \mathbf{s}_{x_2} , $\mathbf{t}_{x_1x_2}$, \mathbf{s}_I , \mathbf{s}_{II}
9	G	tensões	média	Von Mises, \mathbf{s}_{x_1} , \mathbf{s}_{x_2} , $\mathbf{t}_{x_1x_2}$, $\mathbf{t}_{x_2x_3}$, $\mathbf{t}_{x_1x_3}$, \mathbf{s}_I , \mathbf{s}_{II} , \mathbf{t}_I
9	G	esforços	média	N_{x_1} , N_{x_2} , $N_{x_1x_2}$, M_{x_2} , M_{x_1} , $M_{x_1x_2}$, $V_{x_2x_3}$, $V_{x_1x_3}$, N_I , N_{II} , M_I , M_{II} , V_I

\mathbf{s}_I , \mathbf{s}_{II} - Tensões principais no plano

\mathbf{t}_I - Tensão principal de corte transversal

N_I , N_{II} - Esforços principais de membrana

M_I, M_{II} - Momentos principais
 V_I - Esforço principal de corte

Em meios contínuos (*ntype* de 1 a 6 e 9), e sempre que o pósprocessamento seja relativo a tensões, é possível colocar as tensões de Von Mises no ficheiro com a extensão **_st.pva** (ou **_d_st.pva**), respondendo 0 (zero) na pergunta relativa à componente do vector das tensões. As tensões de Von Mises são obtidas com a seguinte sequência de cálculos:

Tensão média:

$$s_o = (s_{x_1} + s_{x_2} + s_{x_3}) / 3$$

Tensões de desvio:

$$s'_{x_1} = s_{x_1} - s_o$$

$$s'_{x_2} = s_{x_2} - s_o$$

$$s'_{x_3} = s_{x_3} - s_o$$

Segundo invariante do tensor das tensões de desvio:

$$J_2' = (s'^2_{x_1} + s'^2_{x_2} + s'^2_{x_3}) / 2 + t_{x_1x_2}^2 + t_{x_2x_3}^2 + t_{x_1x_3}^2$$

Tensão de Von Mises:

$$\bar{s} = \sqrt{3J_2'}$$

A opção 7 pode ser seleccionada se o parâmetro **ngstr** (ver Secção 2.2.2) tiver o valor 2, porque a extrapolação das tensões dos pontos de Gauss para os nós é realizada supondo que o conjunto dos pontos de Gauss constitui um elemento fictício com 2 nós por bordo.

4.2.8 - Opção 8 (_sg.s3d)

Esta opção conduz à gravação de um ficheiro com a extensão **_sg.s3d** que contém a informação que permite obter os diagramas de esforços tridimensionais em estruturas discretizadas por barras prismáticas (*ntype* 7 ou 8). A visualização destes diagramas pode ser efectuada com o programa **drawmesh** (ver Secção 4.2.3).

O conteúdo do ficheiro com a extensão **_sg.s3d** refere-se apenas a uma das componentes do vector dos esforços nas barras, mas pode incluir diversos casos de carga/combinacões.

No Quadro 4.4 encontra-se a numeração das componentes do vector dos esforços nas barras para pórticos e treliças tridimensionais (ver também Secção 4.2.2).

Depois de indicar o número da componente, o utilizador tem ainda que fornecer o factor de escala que transforma as unidades do esforço que está a ser tratado em unidades métricas. Em certos casos, atribuir um valor negativo a este factor faz com que o gráfico final apareça com um aspecto mais sugestivo. Quanto maior for o valor absoluto deste factor maiores dimensões terão os diagramas de esforços.

Os diagramas de esforços são sempre representados no plano ℓ_1, ℓ_3 (ver Anexo C). Para visualizar melhor os diagramas de esforços aconselha-se a utilização da opção S (shading) do programa *drawmesh*.

4.2.9 - Opção 9 (*_sp.pva*)

Esta opção conduz à gravação de dois ficheiros, um com a extensão *_d.s3d* e o outro com a extensão *_d.sp.pva*. O primeiro ficheiro inclui os dados necessários à visualização da malha indeformada desconectada com o programa *drawmesh* (ver o respectivo manual). Nas estruturas discretizadas com elementos de volume (*ntype=4*) os elementos são decompostos em seis elementos de casca de 4 nós (elementos de volume de 8 nós) ou 8 nós (elementos de volume de 20 nós). Por sua vez, o ficheiro com a extensão *_d.sp.pva* inclui a pressão nos pontos nodais das faces de elementos em contacto com o solo.

No quadro 4.7 indica-se as componentes de pressão no solo que podem ser visualizadas por intermédio da coloração do correspondente campo escalar. Esta opção só está disponível para as estruturas *ntype=4, 5, 6 e 9*.

Se em determinado ponto a tensão no solo for de tracção, será atribuída um pressão de valor nulo a esse nó, dado que se admite que o solo não resiste à tracção.

Nas estruturas discretizadas em elementos de volume (*ntype=4*) as pressões nas faces destes elementos vêm referidas ao sistema local dos elementos de casca que modelam essas faces. Nos elementos de casca espacial (*ntype=6*) as pressões vêm referidas ao sistema local destes elementos. Por sua vez, nas lajes e cascas planas (*ntype=5 e 9*) as pressões vêm referidas ao sistema global.

Quadro 4.7 - Componentes de pressão no solo que podem ser visualizadas com a opção nº 9.

Tipo de estrutura (ntype)	Referencial	Componentes de pressão no solo		
4	local da face do elemento	s_1	s_2	s_3
5	global	x_3	-	-
6	local do elemento	s_1	s_2	s_3
9	global	x_1	x_2	x_3

4.3 - COMBINAÇÕES DE RESULTADOS

Se na primeira pergunta efectuada pelo programa *posfemix* for respondido que se pretende o processamento de combinações, tem de existir um ficheiro texto com o mesmo *jobname* dos restantes ficheiros, com a extensão *_cm.dat* e com a seguinte estrutura (ver o ficheiro *dev30_cm.dat* e a Secção 4.1):

```

título geral do ficheiro com os coeficientes das combinações
número de combinações

(*) | título de combinação
    | contador da combinação e número de casos de carga com coeficiente de combinação não nulo
    | lista com o número do caso de carga e o respectivo coeficiente de combinação não nulo

palavra chave END_OF_FILE

```

A parte (*) do ficheiro tem de ser repetida tantas vezes quantas as combinações. Apresenta-se em seguida um exemplo de ficheiro com os coeficientes das combinações:

```

### Main title of the list of combinations
Main title of the combinations

### Combination parameters
3 # ncomb (total number of combinations)

# =====

### Title of the combination
First combination title

### Combination number and number of load cases in the combination
# icomb   nlcas
      1     3

### Load case numbers and load case coefficients
# lcase   vcoef
      4    -2.5
      6    -0.9
      8     1.5

# =====

### Title of the combination
Second combination title

### Combination number and number of load cases in the combination
# icomb   nlcas
      2     4

### Load case numbers and load case coefficients
# lcase   vcoef

```

4	1.5
6	-1.9
8	0.5
9	1.5

```
# =====
```

```
### Title of the combination  
Third combination title
```

```
### Combination number and number of load cases in the combination
```

```
# icomb    nlcas  
    3      1
```

```
### Load case numbers and load case coefficients
```

```
# lcase    vcoef  
    5      -2.9
```

```
END_OF_FILE
```