

1 - INTRODUÇÃO

Neste trabalho o método dos elementos finitos (MEF) vai ser aplicado somente a estruturas reticuladas, isto é, a estruturas que podem ser discretizadas por elementos de barra (Oñate 1992). Como estruturas reticuladas podem-se considerar as vigas contínuas, as treliças bi- e tridimensionais, as grelhas e os pórticos bi- e tridimensionais.

Segundo o método dos elementos finitos uma estrutura reticulada é constituída por um determinado número de barras, também denominadas de elementos, conectadas entre si por nós, tal como se representa na Figura 1.1.

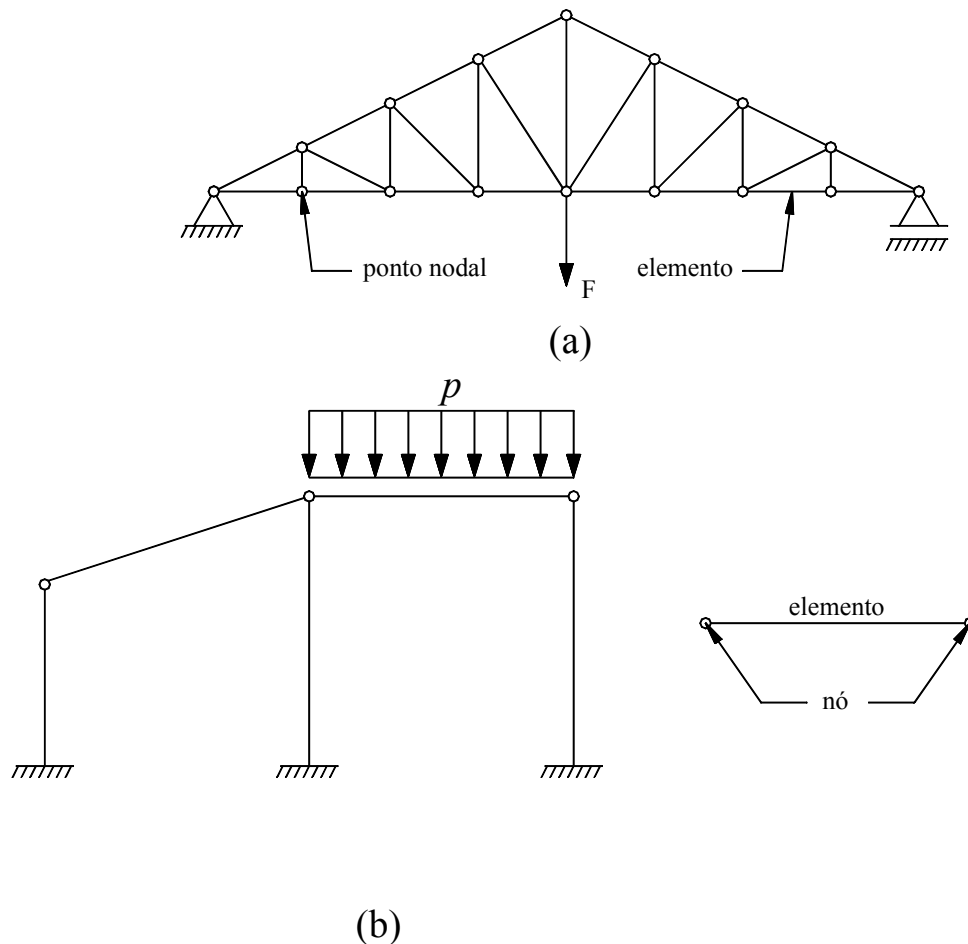


Figura 1.1- Treliça (a) e pórtico (b) bidimensional.

As estruturas reticuladas são denominadas de estruturas discretas em diferenciação às estruturas contínuas que são, por exemplo, as paredes, as lajes e as cascas. Na Figura 1.2 apresentam-se alguns exemplos de estruturas contínuas, que dificilmente podem ser discretizadas por elementos de barra. O domínio de uma estrutura contínua é discretizado por

elementos finitos contínuos (Barros 1998), caracterizados por um determinado número de nós. Os elementos finitos estão conectados entre si pelos seus nós.

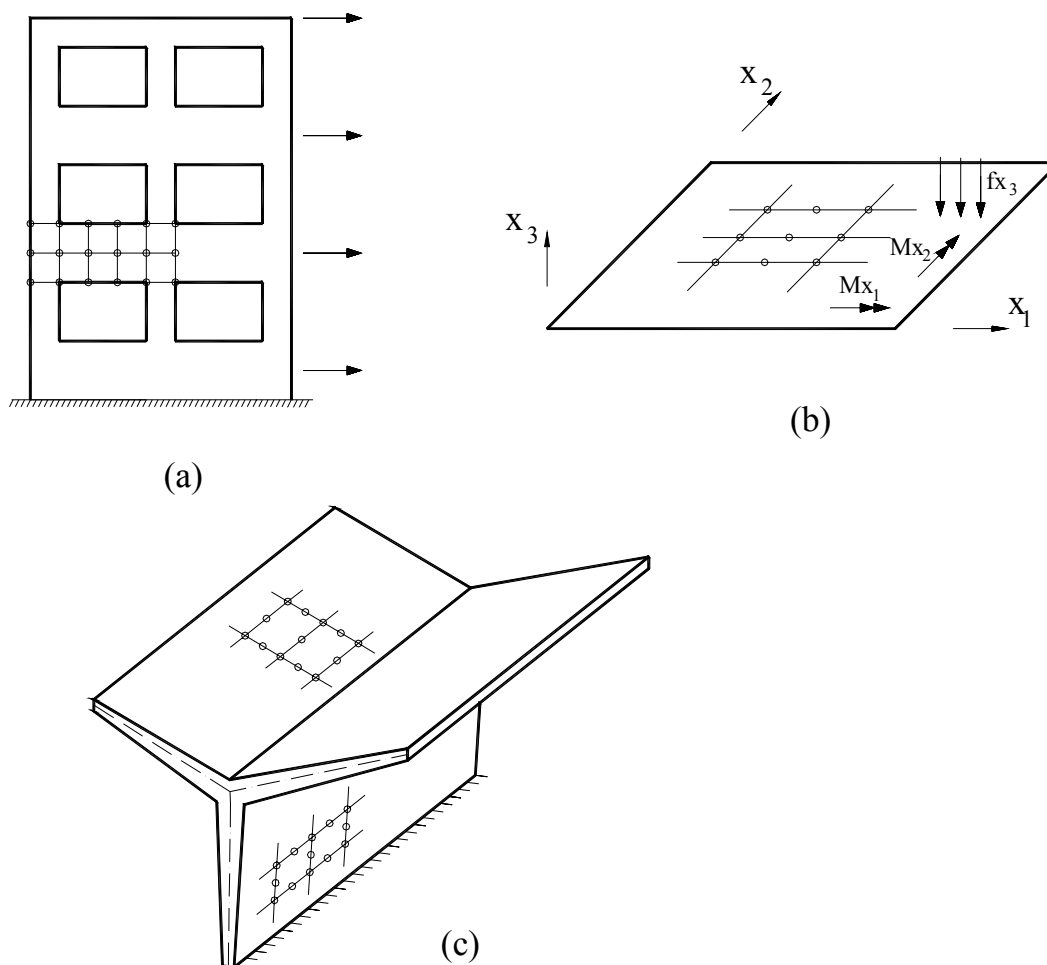


Figura 1.2 - Estruturas contínuas: parede (a), laje (b) e casca (c).

Dado que no presente trabalho o método dos elementos finitos será formulado com base na formulação matricial do método dos deslocamentos, as incógnitas a determinar serão os deslocamentos generalizados dos pontos nodais da estrutura. Quer nas estruturas discretas quer nas contínuas, a continuidade dos deslocamentos é garantida nos pontos nodais. Na maior parte dos elementos finitos que discretizam estruturas contínuas, a continuidade do campo de deslocamentos é assegurada nas fronteiras destes elementos.

O método dos elementos finitos é conceptualmente semelhante ao método utilizado na tradicional teoria das estruturas para analisar estruturas reticuladas segundo o método dos deslocamentos (Barros *et al.* 1996). Assim, no cálculo de uma estrutura efectua-se os procedimentos seguintes:

1) Discretização da estrutura em elementos;

- 2) Cálculo da matriz de rigidez dos elementos da estrutura, $\underline{k}^{(e)}$;
- 3) Espalhamento da matriz de rigidez dos elementos na matriz de rigidez da estrutura, $\underline{k}^{(E)}$;
- 4) Cálculo do vector das forças nodais equivalentes às acções que actuam sobre cada elemento, $\underline{Q}^{(e)}$, e espalhamento no vector solicitação da estrutura, $\underline{Q}^{(E)}$;
- 5) Resolução do sistema de equações de equilíbrio, $\underline{k}^{(E)}\underline{U}^{(E)} = \underline{Q}^{(E)}$, em que $\underline{U}^{(E)}$ é o vector dos deslocamentos dos pontos nodais da estrutura;
- 6) Cálculo das tensões/esforços nos elementos, $\underline{\sigma}^{(e)} / \bar{\underline{\sigma}}^{(e)}$.

A diferença fundamental entre o MEF e o método utilizado na tradicional teoria das estruturas ocorre na forma como se calcula a matriz de rigidez, o vector solicitação e as tensões/esforços nos elementos. Apesar da tradicional teoria das estruturas e o MEF recorrerem ambas ao princípio dos trabalhos virtuais (PTV) para determinar as entidades acima referidas ($\underline{k}^{(e)}$, $\underline{Q}^{(e)}$ e $\underline{\sigma}^{(e)} / \bar{\underline{\sigma}}^{(e)}$), no método dos elementos finitos os integrais que ocorrem na expressão do PTV associados ao trabalho interno (que conduz à matriz de rigidez) e externo (resultando no vector solicitação) são calculados por integração numérica, de forma a se poder analisar estruturas que, por motivos da sua geometria, materiais, solicitações e condições de ligação ao exterior, seriam difíceis, senão mesmo impossíveis de analisar por intermédio da resolução das equações diferenciais que regem o problema.

No MEF as equações diferenciais que governam o fenómeno em análise são resolvidas por intermédio da utilização de técnicas de integração numérica. Os erros resultantes da integração numérica conduzem a que os resultados obtidos com o MEF sejam apenas aproximações do real comportamento da estrutura. O grau de aproximação depende da complexidade do problema, do grau de discretização da estrutura (refinamento da malha), do tipo de elemento finito adoptado, da regra de integração utilizada na resolução numérica dos integrais associados ao cálculo da matriz de rigidez, ao vector solicitação e às tensões/esforços dos elementos.

Em princípio, quanto mais refinada for a malha melhores serão os resultados. Contudo, o tempo de cálculo aumentará significativamente com o refinamento, principalmente a fase de resolução do sistema de equações de equilíbrio.