



## Fundações

Dirceu A. Velloso, Francisco R. Lopes

pág. 1

## INTRODUÇÃO

*Because nature is infinitely variable, the geological aspects of our profession assure us that there will never be two jobs exactly alike. Hence, we need never fear that our profession will become routine or dull. If it should, we can rest assured that we would not be practicing it properly. (R.B. Peck)*

### 1.1 A ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES

O projeto e execução de fundações - a Engenharia de Fundações - requer conhecimentos de Geotecnia e Cálculo Estrutural (análise estrutural e dimensionamento de estruturas em concreto armado e protendido, em aço e em madeira); a Geotecnia, por outro lado, abrange a Geologia de Engenharia, a Mecânica dos Solos e a Mecânica das Rochas. Tome-se o caso simples de um edifício em terreno sem vizinhos. Em geral, a estrutura é calculada por um engenheiro estrutural que supõe os apoios indeslocáveis, daí resultando um conjunto de cargas (forças verticais, forças horizontais, momentos) que é passado ao projetista de fundações. Com o auxílio de uma série de elementos e informações, que serão detalhados adiante, ele projeta as fundações da obra. Acontece que estas fundações, quaisquer que sejam, quando carregadas, solicitarão o terreno, que se deforma, e destas deformações resultam deslocamentos verticais (recalques), horizontais e rotações. Com isso, a hipótese usual de apoios indeslocáveis fica prejudicada, e nas estruturas hiperestáticas, que são a grande maioria, as cargas inicialmente calculadas são modificadas. Chega-se, assim, ao conhecido problema da *interação solo-estrutura*. O engenheiro de fundações deve participar da análise desse problema, juntamente com o engenheiro estrutural.

Conhecimentos de Geologia de Engenharia são necessários em obras em regiões desconhecidas, em obras extensas, como refinarias, grandes pontes, etc., em que o engenheiro de fundações pode identificar e levantar problemas que deverão ser resolvidos pelo geólogo de engenharia. O mesmo acontece com a Mecânica das Rochas, uma disciplina da Geotecnia cujo conhecimento é necessário quando as fundações transmitem esforços importantes para a rocha ou quando esta possui baixa qualidade.

Já em relação à Mecânica dos Solos, o engenheiro de fundações deve possuir sólidos conhecimentos dos seguintes tópicos: (i) origem e formação dos solos, (ii) caracterização e classificação dos solos (parâmetros físicos, granulometria, limites de Atterberg, etc.), (iii) investigações geotécnicas, (iv) percolação nos solos e controle da água subterrânea, (v) resistência ao cisalhamento, capacidade de carga e empuxos, (vi) compressibilidade e adensamento e (vii) distribuição de pressões e cálculo de deformações e recalques.

Quanto ao Cálculo Estrutural, o engenheiro de fundações deve conhecê-lo sob dois aspectos: (1o) para que possa dimensionar estruturalmente os elementos da fundação e as obras que, em geral, são necessárias à execução das fundações propriamente ditas (por exemplo, um escoramento) e (2o) para que possa, como já foi dito, avaliar o comportamento da estrutura diante dos inevitáveis deslocamentos das fundações. (Seria ideal que o engenheiro, antes de se especializar em fundações, calculasse e dimensionasse algumas superestruturas típicas: um edifício, uma ponte, um galpão etc.)

Não se erra se se disser que, dentro da Engenharia Civil, a especialização em Fundações é a que requer maior *vivência* e *experiência*. Entenda-se por *vivência* o fato do profissional projetar ou executar inúmeras fundações, de diversos tipos e em condições diversas, passando de um caso para outro baseado, apenas, na sua própria observação do comportamento dos casos passados, sem dados quantitativos. A *experiência* seria a vivência completada com dados quantitativos referentes ao desempenho da obra. A norma brasileira de fundações (NBR 6122/96) recomenda e insiste na importância do acompanhamento das obras. Em nosso país, infelizmente, ainda não há essa mentalidade. Quando se consegue fazer alguma coisa, simplesmente medem-se recalques, ignorando-se as cargas reais que atuam na estrutura, ou seja, as cargas que estão provocando aqueles recalques. Para se realizar uma prova de carga sobre um elemento de fundação, por exemplo, uma estaca, são levantadas objeções de toda ordem, desde a mais estúpida - *Para quê?* ou *Há algum perigo?* - até aquelas que culpam uma prova de carga por atrasar a obra.

Outro aspecto que deve ser assinalado diz respeito ao conhecimento do solo, que fica restrito, quase sempre, ao que fornecem as sondagens à percussão de simples reconhecimento. Pode-se, pois, dizer, com segurança, que, em nosso País, a técnica das fundações não tem recebido o tratamento científico adequado. Essa afirmação pode ser comprovada se se considerar quão pequeno é o número de conceitos gerais, estabelecidos em base científica, utilizados na técnica das fundações. O projeto de fundações, ou mais precisamente seu dimensionamento, está calcado na utilização de correlações que são estabelecidas para determinadas regiões e são extrapoladas para outras condições, às vezes, de maneira inescrupulosa. Tem-se que reconhecer que essas correlações são, pelo menos no presente, "um mal necessário". O que se impõe é que seus autores sejam bastante explícitos e precisos na caracterização das condições em que foram estabelecidas e que, por outro lado, aqueles que vão utilizá-las o façam com critério, comparando aquelas condições com as que tem diante de si. Por outro lado, é inquestionável o desenvolvimento de novos equipamentos e tecnologias de execução.

Finalizando esta introdução, chama-se atenção especial dos leitores para dois pontos: (1o) uma vez que os problemas de Geotecnia apresentam um maior grau de incerteza que os de Cálculo Estrutural, nem sempre é fácil conciliar as respectivas precisões (exemplificando: freqüentemente, o engenheiro estrutural impõe ao Engenheiro de Fundações um requisito *derecalque zero*, o que é impossível, pois toda fundação, ainda que sobre rocha, recalca) e (2o) devem-se evitar as generalizações, pois, em fundações, na grande maioria dos casos, cada obra apresenta suas peculiaridades que devem ser consideradas adequadamente (menciona-se, como exemplo, o que aconteceu em duas obras no Rio de Janeiro, em terrenos vizinhos, ambas em estacas metálicas, em que na primeira encontrou-se um número razoável de matacões que obrigaram a sucessivas mudanças de posição das estacas, enquanto na segunda nenhum matacão foi encontrado).