

# 1 Introdução

A análise da resposta de vibrações é de considerável importância no projeto de estruturas que podem estar sujeitas à perturbações dinâmicas. Em certas situações, vibrações podem causar grandes deslocamentos e tensões severas na supra e infraestrutura. Isto pode ocorrer quando a frequência da força de excitação se aproxima da frequência natural da estrutura.

Algumas máquinas produzem solicitações dinâmicas que são transferidas às fundações por meio de movimentos vibratórios. É necessário analisar e estudar esses movimentos vibratórios durante o projeto da fundação para evitar danos aos equipamentos, à própria fundação, às estruturas vizinhas, às perdas de produção e também aos riscos de segurança e saúde ocupacional para as pessoas (Dalbone, 2011). Por esta razão as frequências naturais de vibração são importantes para o dimensionamento dinâmico de fundações, para se evitar efeitos de ressonância e amplificação.

O método mais recorrente para a determinação das frequências naturais de vibração longitudinal e transversal em uma estaca é baseado nos estudos de Novak e Beredugo (1972). Este método fornece somente a frequência fundamental de vibração do sistema estaca solo. Em muitos casos é necessário conhecer as frequências além da frequência fundamental, nessas situações a aplicação do método de Rayleigh-Ritz fornece um método alternativo que, além de fornecer uma estimativa da frequência fundamental, pode ser usado para obter estimativas de várias frequências superiores.

Nos ensaios de carregamento dinâmico em estacas a aceleração longitudinal causada pelo impacto de um martelo no topo de uma estaca é medida até que a estaca volte ao repouso. Esta informação é utilizada não somente para a predição da máxima carga que o sistema estaca-solo suporta, porém também permite a estimativa da frequência fundamental de vibração, bem como para várias frequências superiores através de uma *Fast Fourier Transform* (FFT).

## **1.1. Objetivos**

O principal objetivo desse trabalho é a determinação de frequências fundamentais de vibrações longitudinais e transversais de estacas embutidas em solo. Frequências fundamentais de vibração longitudinais serão obtidas de resultados de testes em escala real através das acelerações longitudinais, obtidas durante ensaios de carregamento dinâmico em estacas, realizar-se-á um estudo comparativo entre as frequências naturais de vibração longitudinais obtidas por modelagem matematicamente com os valores obtidos através de ensaios de campo.

Na análise dinâmica, a estaca é modelada como um elemento de barra para as vibrações longitudinais e como um elemento de viga-coluna para as vibrações transversais. O solo é tratado como uma base elástica com molas de Winkler. A frequência de vibração fundamental e as frequências superiores são determinadas pelo método de Rayleigh-Ritz.

As frequências naturais dos testes em escala real são obtidas através das acelerações medidas nos ensaios de carregamentos dinâmicos realizados nessas estacas.

## **1.2. Organização do trabalho**

No capítulo 2 é apresentado o conceito de frequência natural de vibração e ressonância. Nesse capítulo também é apresentada uma revisão de como pode ser avaliada a resposta dinâmica de uma estaca, e de como são e surgiram os testes dinâmicos em estacas.

No capítulo 3 são apresentadas as equações governantes de vibração de barra e vigas, e de suas modificações quando em bases elásticas.

No capítulo 4 é apresentada a formulação física e matemática do método utilizado para a determinação das frequências de vibração longitudinais e transversais em estacas.

No capítulo 5 é abordada a teoria de fundações elásticas e métodos para a determinação de módulos de fundação e coeficientes de mola para o solo.

No capítulo 6 é apresentada a formulação matemática da *Fast Fourier Transform* muito utilizada para a análise de respostas dinâmicas no domínio da frequência.

No capítulo 7 são apresentados os resultados das metodologias empregadas para a determinação de frequências de vibração de estacas.

Por fim, no capítulo 8 são apresentadas conclusões e sugestões para desenvolvimentos futuros.