

1 Introdução

Nas últimas décadas, o crescente aumento da demanda de energia elétrica motivou não apenas o incremento na quantidade de linhas de transmissão (LT's), mas também a elevação da tensão de transmissão. Diante desse fato, houve a necessidade de adequar as estruturas de sustentação de tais linhas, substituindo os postes ou cruzetas de madeira ou concreto por torres de aço treliçadas espaciais ou estaiadas.

O aprimoramento dos projetos das LT's e dos seus suportes torna-se cada vez mais viável e melhor com o avanço da tecnologia e da ciência e à medida que mais estudiosos interessam-se pelo assunto. Entretanto, apesar do esforço dos profissionais atuantes na área, o estudo das fundações dos suportes dessas LT's ainda permanece pouco explorado e divulgado (Chaves, 2004).

Sabe-se que as fundações dos elementos de apoio de uma LT situam-se ao longo de extensos traçados, usualmente de dezenas a centenas de quilômetros, com espaçamento típicos de 400 a 600 metros, podendo ser superiores a 1000 metros. Num país de grande extensão territorial como o Brasil, tal aspecto adquire maior relevância, visto que esses traçados atravessam regiões de grande diversidade morfológica, rios, ambientes marinhos costeiros e regiões metropolitanas. Deve-se, por isso, esperar que possam existir diferentes condições de apoio para as estruturas, em razão da variação natural dos horizontes onde devem ser implantadas as suas fundações. Tal configuração pode levar alternativamente a se programarem sondagens especiais e específicas em cada local de suporte (fazendo crescer os custos e prazos de projeto) ou, ao contrário, reduzindo drasticamente a investigação geotécnica, com prejuízos evidentes ao planejamento, execução e economia da obra de implantação da LT.

Também é fato que, uma linha de transmissão reúne projetos diversificados relacionados aos seus vários subcomponentes, tais como suporte, fundação, cabos e isoladores. Para os projetos de fundações devem ser contrapostas as ações recebidas pelos suportes da LT com as reações provocadas pelo terreno de

fundação. Nessas verificações são considerados o estado limite último e o estado limite de serviço. Essas rotinas para o dimensionamento das fundações ainda são baseadas exclusivamente em procedimentos determinísticos e não levam em consideração as incertezas que envolvem os parâmetros do projeto.

1.1 Motivação

Atualmente, procura-se padronizar os tipos de torres, com o objetivo de se obter uma economia na fabricação, no transporte e na montagem, atendendo ao princípio da economia de escala nessas atividades (Chaves, 2004). Isso se reflete também nos projetos de fundações, nos quais se procura desenvolver projetos-tipo, de acordo com as ações transmitidas pelos suportes das LT's e com as características do terreno onde as fundações são implantadas. A interação entre o projetista da torre e o da fundação limita-se ao fornecimento das ações da torre sobre a fundação e não há consideração da interação torre-fundação nas rotinas dos projetos de LT's.

Existe, ainda, a escassez de estudos que avaliem o risco de falha das fundações para suportes de LT's, quantificando o conseqüente prejuízo financeiro causado pelo corte de fornecimento de energia.

Esse atual cenário para a elaboração dos projetos de fundações dos suportes de LT's motiva o desenvolvimento de uma metodização do estudo dessas fundações. Uma metodização considerando conjuntos torre x terreno x fundação e a análise dos mesmos com recursos da Confiabilidade Estrutural com foco na probabilidade de falha da fundação pode ser bastante útil e eficaz para a elaboração e racionalização dos projetos de fundação e de toda a linha de transmissão.

Para a aplicação da metodologia desenvolvida, seleciona-se a Bacia do Prata. Tal escolha é motivada pela existência de uma gama de informações sobre essa região, sobretudo a respeito dos solos, relevo, hidrografia, geologia e, principalmente, geotecnia. Além disso, a região da Bacia do Prata é responsável por uma parte significativa do potencial hidrelétrico brasileiro, concentrando quase 60% da capacidade hidrelétrica instalada no país.

1.2 Objetivo

Focalizando-se o estudo das fundações para estruturas de sustentação de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica, objetiva-se propor uma metodização para orientar esse desenvolvimento, considerando o conjunto torre x terreno x fundação em cenários determinísticos e não-determinísticos, chegando-se a uma avaliação de risco. Busca-se, dessa forma, soluções técnicas convenientes e economicamente aceitáveis, atendendo assim ao binário desempenho-custo.

1.3 Apresentação da Tese

Esta tese de doutorado é apresentada em 8 capítulos, sendo este o primeiro.

O capítulo 2 apresenta a situação atual da rede de distribuição de energia elétrica na região da Bacia do Prata, escolhida como cenário auxiliar para o estudo da metodização pretendida. Enumera-se as linhas de transmissão existentes e expõe-se as previsões de expansão dessa rede, procurando com isso limitar a área de investigação e definir os trechos de LT's em que se podem buscar informações de investigações já feitas.

No capítulo 3, é feita uma sucinta investigação fisiográfica e geológica da região em estudo, abrangendo o relevo, a hidrografia, a geologia e a pedologia. Este estudo serve não só como base para inferir a caracterização geral da geotecnia em cada trecho de linha, mas também, para avaliar a potencialidade de eventos excepcionais que possam vir a solicitar as LT's e respectivas estruturas.

No capítulo 4, expõe-se o faseamento das investigações geotécnicas específicas, onde é considerado todo o acervo informativo já obtido nas fases anteriores. São apresentadas algumas sugestões propostas por empresas renomadas na área, além de reunir diretrizes para programas de investigações geotécnicas e normas usuais e recomendadas para projetos de linhas de transmissão.

Prossegue-se, então, com o capítulo 5, onde são definidos e descritos os elementos integrantes deste estudo, ou seja, os tipos de suportes mais comuns em

projetos de linhas de transmissão, os solos da região e os tipos de fundação usuais nesta classe de projeto.

No capítulo 6, são apresentados alguns exemplos de conjuntos torre x terreno x fundação. Tais exemplos são baseados em projetos de linhas de transmissão desenvolvidos para a região em foco e que estão em operação.

O capítulo 7 fornece a aplicação dos conceitos de Confiabilidade Estrutural a alguns exemplos selecionados para o presente trabalho. Assim, define-se uma função de estado limite genérica aplicável a alguns conjuntos torre x terreno x fundação existentes na Bacia do Prata. São determinadas algumas probabilidades de falha desses conjuntos e definidos os custos de reposição da torre e da fundação e a perda monetária decorrente da falha de cada fundação. Dessa forma, são avaliados os riscos de falha de algumas fundações existentes na região eleita. Também são apresentados, neste capítulo, um estudo paramétrico, desenvolvido para estimar a influência do projeto de fundação e do tipo de solo sobre a probabilidade de falha, e uma avaliação da participação relativa das diversas variáveis aleatórias nessa mesma probabilidade.

Finalmente, no capítulo 8 são apresentadas as etapas da metodização proposta e a aplicação da mesma a região eleita, considerando os cenários determinísticos e não-determinísticos.