

# 1

## Introdução

No tópico de sistemas de tubulação para instalações industriais, tais como as de usinas termonucleares, a ação sísmica é um fator de grande importância na elaboração do projeto podendo até condicionar o dimensionamento estrutural, de forma a garantir com segurança a integridade e a funcionalidade desses sistemas, sob suas condições normais de serviço, durante a provável ocorrência de um terremoto. No entanto, esses sistemas, em sua maioria, são constituídos por um grande número de elementos estruturais, como tubos, conexões e suportes (aparelhos de apoio) e podem tornar o processo de projeto bastante complexo. Desta forma, dependendo da concepção estrutural adotada pelo projetista, pode-se ter um alto custo final do projeto e também de manutenção, além dos resultados finais poderem mostrar muitas surpresas se não forem levados em conta aspectos particulares desses sistemas de tubulação.

A relevância do assunto abordado neste estudo é considerada de grande importância para a contribuição na atualização do conhecimento da comunidade científica ligada ao projeto sísmico de sistemas de tubulação destinados às instalações industriais. No entanto, há ainda a necessidade contínua de pesquisa e desenvolvimento de novos estudos de maneira a consolidar os resultados desejados, buscando-se um consenso geral na formulação, definição e consideração de todos os aspectos importantes envolvidos no problema, com o objetivo de se trabalhar com dados finais cada vez mais confiáveis e coerentes com a realidade.

Na busca de um projeto mais realista, abrangente e econômico, diversos trabalhos têm sido realizados com o objetivo de se incluírem aspectos considerados relevantes durante o processo de dimensionamento e construção desses sistemas de tubulação, em especial aqueles destinados às instalações de usinas termonucleares. Uma das ferramentas utilizadas no projeto sísmico desses sistemas é a produção de

espectros de resposta de sistemas secundários acoplados ou não a uma estrutura maior, denominada sistema principal que, por sua vez, serve como um filtro da excitação sísmica recebida em sua base.

Entre os diversos trabalhos já feitos, destacam-se os seguintes:

- Asfura e Der Kiureghian, (1986); Gupta, A e Gupta, AK, (1995) onde é concluído que a interação entre os dois sistemas, presidida pelas relações entre as suas frequências naturais, pode provocar sensíveis variações entre os espectros de resposta do sistema secundário, calculados de forma acoplada ou não ao SP;

- Gupta, AK, (1986); Gupta, A e Gupta, AK, (1995) apontam para a necessidade de consideração da influência dos deslocamentos relativos entre os pontos de apoio dos sistemas secundários no SP durante seu movimento na geração do espectro de resposta;

- os sistemas denominados secundários são estruturas relativamente flexíveis e formados por elementos de material dútil habilitando-os à dissipação de energia ao longo de fases não lineares e inelásticas do seu desempenho; tal comportamento é verificado ao longo dos tubos, nas conexões ou ainda nos pontos de apoio no SP, os chamados suportes (Slagis, 1991; Endo e Murota, 1995).

No presente trabalho, estudam-se alguns aspectos já abordados em trabalhos anteriores e introduzidos no processo de geração de espectros de resposta sísmica de sistemas secundários acoplados ou não a um sistema principal, de forma a complementar o conhecimento do assunto através de novos resultados. Dentre esses aspectos a serem abordados, destacam-se os seguintes:

- comportamento não linear inelástico do material nos elementos de tubo e nos suportes (pontos de apoio do sistema secundário no SP);

- efeitos do acoplamento entre os sistemas principal e secundário e sua influência nos espectros de resposta;

- consideração da inclusão do amortecimento nos sistemas principal e secundário;
- produção de espectros de resposta sísmica para o sistema secundário acoplado e não acoplado ao SP com avaliação das diferenças existentes entre as duas respostas.

Além disso, um dos objetivos principais do estudo é realizar uma investigação e avaliação das prováveis alterações nos espectros de resposta sísmica devidas à influência da presença prévia de cargas estáticas nos elementos estruturais de um modelo de sistema secundário simplificado, decorrentes da aplicação de pressão interna e variação de temperatura na tubulação com níveis constantes.

Busca-se também como outro objetivo a ser atingido no estudo, uma proposta para o comportamento não-linear inelástico do sistema secundário simplificado através da adoção de espectros médios aproximados para a resposta inelástica e espectros médios aproximados de utilidade.

O desenvolvimento do trabalho está dividido em mais quatro capítulos:

- No Capítulo 2 é brevemente abordado o método de análise utilizado no processo de definição do projeto sísmico de sistemas secundários e são apresentados também alguns aspectos importantes considerados no estudo de sistemas secundários quando da obtenção de espectros de resposta sísmica para esses sistemas;

- O Capítulo 3 reporta-se aos trabalhos mais recentes desenvolvidos dentro do contexto do estudo de sistemas secundários e os diversos aspectos relacionados ao projeto sísmico desses sistemas visando à situação atual do assunto; incluem-se nesse conjunto os trabalhos realizados a partir de uma parceria entre a PUC-Rio e a Eletronuclear;

- No Capítulo 4 está concentrada toda a abordagem referente à geração de espectros de resposta inelástica dos sistemas secundários, SS, desde a definição do cenário linear onde são apresentados os principais protagonistas do problema com suas respectivas definições até a apresentação e análise dos resultados;

- As conclusões, contribuições e sugestões para a continuação da pesquisa são reservadas ao Capítulo 5.