

## ANÁLISE SÍSMICA DE ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS DE ACORDO COM A NBR 15421

OTÁVIO AUGUSTO PETER DE SOUZA<sup>1</sup>; BARBARA CHAGAS RACHINHAS<sup>2</sup>;  
JORGE RODRIGUES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – otavio.peter@hotmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – barbararachinhas@gmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – jorger@ufpel.edu.br*

### 1. INTRODUÇÃO

No presente trabalho apresenta-se uma análise preliminar efetuada no âmbito de um trabalho de conclusão de curso integrado em um projeto de pesquisa dedicado a tópicos avançados na modelação do comportamento de estruturas, promovido pelo Centro de Engenharias da UFPel, no qual se inclui a análise do efeito dos sismos em estruturas de edifícios.

A ação sísmica é um dos maiores motivos de preocupação no que se refere à segurança estrutural das edificações. De acordo com o portal da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), as atividades sísmicas ocorrem com maior intensidade e frequência nas regiões de fronteira entre duas ou mais placas tectônicas, dando origem aos terremotos *interplaca*. De acordo com MIRANDA (2010), o Brasil, por estar localizado no centro da Placa Sul Americana possui atividade sísmica moderada em relação a este tipo de terremotos, ainda assim, deve-se ressaltar que já houve registros de terremotos ocorridos em território brasileiro, com magnitude superior a 5 graus na escala Richter.

Dante do fato do Brasil possuir em seu território áreas com uma razoável probabilidade de ocorrência de abalos sísmicos, foi desenvolvida a NBR 15421 – Projeto de Estruturas Resistentes a Sismos (ABNT 2006). A norma estabelece metodologias estáticas e dinâmicas para a análise estrutural em relação à ação dos sismos, considerando fatores como o zoneamento sísmico brasileiro, as características do solo de fundação e a forma de ocupação da estrutura.

A análise preliminar efetuada neste trabalho teve como objetivo geral avaliar, dentro das metodologias e requisitos estabelecidos na NBR 15421, os efeitos da ação dos sismos, em termos de deslocamentos, em um pórtico plano da estrutura de um edifício, aplicando o método de Análise Estática Equivalente e o método de Análise Dinâmica por Espectro de Resposta. Os objetivos específicos deste trabalho são comparar os resultados da análise através de cada um dos métodos e verificar a necessidade de estudos mais aprofundados na área de pesquisa.

### 2. METODOLOGIA

Este trabalho integra-se em uma pesquisa que visa comparar e discutir os resultados provenientes da aplicação de métodos de análise sísmica previstos na NBR 15421:2006 em sistemas estruturais de edifícios.

Devido ao fato deste trabalho ter como foco a ação sísmica em território brasileiro, buscou-se por referências nacionais, como por exemplo, o artigo de ORRALA et al. (2011), que trata da análise de um modelo estrutural bastante simples através dos diferentes métodos de análise sísmica previstos na norma, promovendo a comparação entre os resultados obtidos com a aplicação de cada um dos métodos.

No presente trabalho, é analisado um pórtico plano da estrutura de um edifício de 6 pavimentos, com vãos de 6 m e pilares com 3 m altura, conforme se representa na Figura 1.

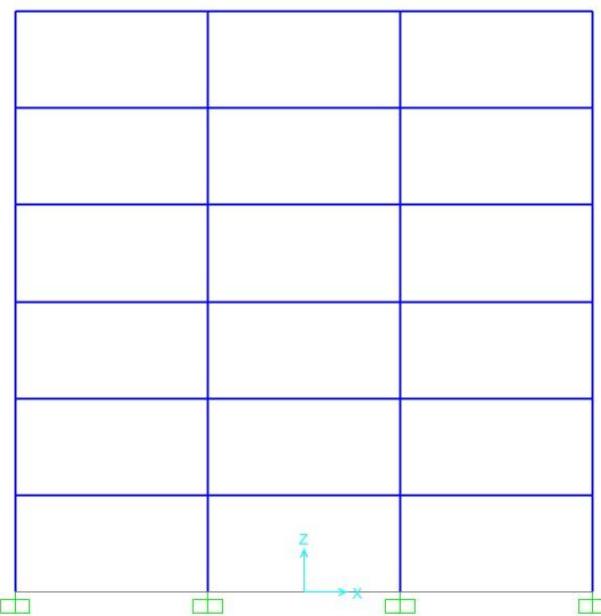


Figura 1: Pórtico plano analisado.

A estrutura é considerada como pertencente à categoria de utilização I e localizada na Zona Sísmica 2, que de acordo com a NBR 15421:2006, compreende uma fração dos estados nordestinos do Ceará e Rio Grande do Norte além de parte dos estados do Amazonas e do Acre. Esta localização é justificada pelo fato de que esta é a zona que possui áreas densamente habitadas com maiores acelerações espectrais.

O terreno de fundação é considerado como pertencente à Classe E (solo mole), justificando-se ao fato de que é esta a classe de terreno que confere os maiores valores de fatores de amplificação sísmica do solo.

As análises foram realizadas através de um programa comercial que permite efetuar a análise estática e dinâmica de modelos estruturais discretizados por elementos finitos. Para a Análise por Espectro de Resposta, foi utilizado o espectro de projeto apresentado na Figura 2, determinado de acordo com as premissas do item 6.3 da NBR 15421.

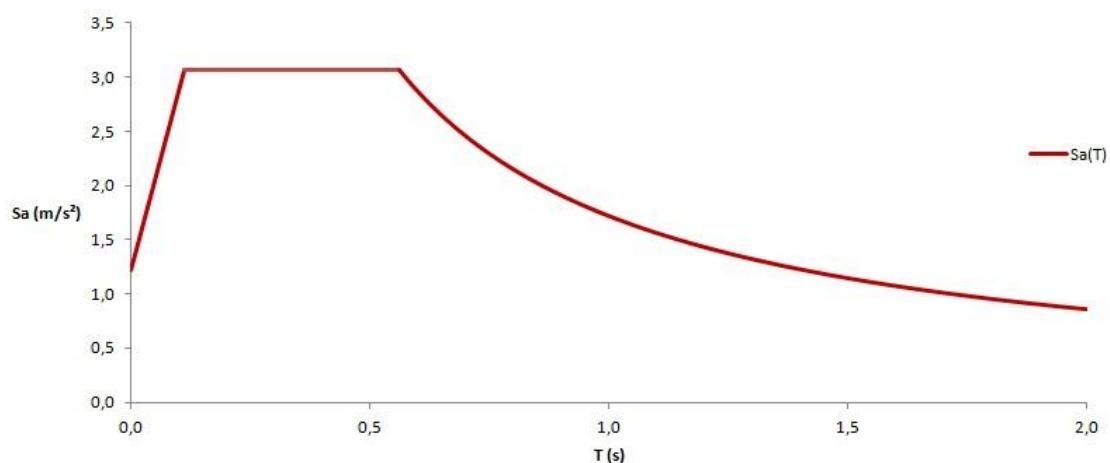


Figura 2: Espectro de resposta de projeto.

É importante ressaltar que os deslocamentos obtidos nas análises devem ser majorados ou minorados através da multiplicação de coeficientes de modificação de resposta e de amplificação de deslocamentos, conforme o item 8.2.1 da NBR 15421.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As deformadas da estrutura, obtidas através das análises realizadas no programa utilizado, podem ser observadas na Figura 3.

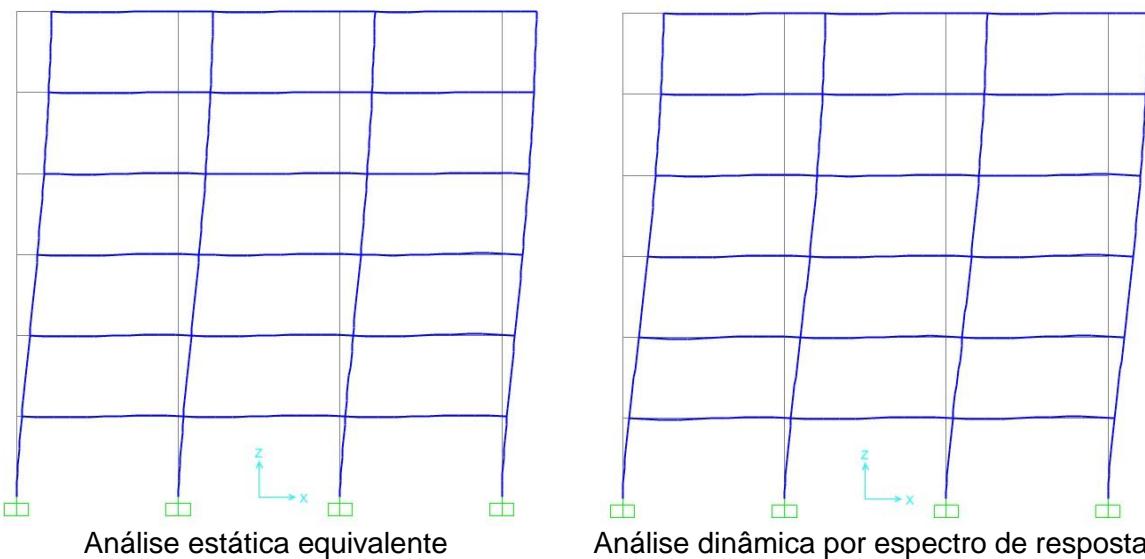


Figura 3: Deformadas da estrutura para a ação dos sismos.

É possível perceber que as deformações obtidas em ambos os métodos possuem considerável semelhança. Os deslocamentos horizontais absolutos de cada pavimento, após a multiplicação pelos coeficientes de modificação de resposta e de amplificação de deslocamentos, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Deslocamentos horizontais dos pavimentos do edifício.

Pavimento/Elevação	Deslocamentos por Análise Estática Equivalente (m)	Deslocamentos por Análise por Espectro de Resposta (m)
Pavimento 1 (0m)	0	0
Pavimento 2 (3m)	0,012	0,007
Pavimento 3 (6m)	0,029	0,018
Pavimento 4 (9m)	0,046	0,028
Pavimento 5 (12m)	0,060	0,037
Pavimento 6 (15m)	0,070	0,043
Cobertura (18m)	0,076	0,046

Observa-se que os deslocamentos horizontais absolutos calculados com o Método de Análise Estática Equivalente têm valores aproximadamente 38% maiores que os obtidos pelo Método de Análise Dinâmica por Espectro de Resposta. Esta diferença resulta, sobretudo, do fato de que na aplicação do método estático, utilizam-se valores aproximados para o período e a frequência de vibração da estrutura enquanto no método espectral, tais valores são o resultado de uma análise modal. No caso da estrutura que foi analisada, o valor

da frequência de vibração aproximado utilizado no método estático é em torno de 45% maior que o valor obtido por análise modal para o método espectral.

Da diferença nos valores de período e frequência de vibração considerados nos dois métodos resulta também uma diferença da aceleração sísmica máxima que é considerada em cada um deles, sendo maior para a frequência aproximada considerada no método de forças estáticas equivalentes do que para a frequência do 1º modo considerado na análise dinâmica por espectro de resposta.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram expostas e analisadas as diferenças obtidas na aplicação de dois métodos distintos de análise sísmica de estruturas, previstos pela NBR 15421. Em face dos resultados encontrados, conclui-se a necessidade de um estudo mais aprofundado sobre o tema, bem como a aplicação de outros métodos de análise sísmica, como, por exemplo, o método dinâmico de Análise por Históricos no Tempo, também previsto na norma e que deve conferir resultados mais próximos da realidade física.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15421: Projeto de estruturas resistentes a sismos.** Rio de Janeiro. 2006.

Portal CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) – **Terremotos.** Acessado em 25 de Junho de 2017. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Terremotos-1052.html#terremobra>.

MIRANDA, P.S.T; **Avaliação da vulnerabilidade sísmica na realidade predial brasileira.** 2010. Tese (pós-graduação em engenharia civil) – Departamento de engenharia estrutural e construção civil da Universidade Federal do Ceará.

ORRALA, W.F.H; SANTOS, S.H.C; LIMA, S.S; Comparação de resultados em análise sísmica – Métodos: Forças horizontais equivalentes, Espectro de resposta e Histórico no tempo. **Revista Engenharia Estudo e Pesquisa**, Rio de Janeiro, v.16, n.2, p.30-39, 2016.