



DETERMINAÇÃO DA FREQUÊNCIA CRÍTICA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A AÇÕES DINÂMICAS

Pedro Alexandre Conde Bandini – pedrobandini@gmail.com

Prof. Dr. Mário Conrado Cavichia – mcavichi@fec.unicamp.br

Prof. Dr. Claudius Barbosa – claudiusbarbosa@yahoo.com.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO – FEC

DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS– DES

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq

Palavras-chave: Análise Dinâmica - Estado Limite de Vibrações - Frequência Crítica - Ação de Pessoas - Estruturas de Concreto Armado



INTRODUÇÃO

A última revisão da NBR6118/2003 considerou em um de seus capítulos as ações dinâmicas e fadiga, apresentado, para o Estado Limite de Vibrações, frequências críticas para alguns casos especiais de estruturas submetidas a vibrações pela ação de pessoas, de forma a assegurar que estruturas com frequência natural 20% acima da frequência crítica não terão problemas com vibrações excessivas. Este trabalho buscou alertar para alguns casos onde apenas esse critério não garante o conforto dos usuários.

METODOLOGIA

Utilizando-se o *software* SAP2000, foram criados modelos estruturais pelo Método dos Elementos Finitos (MEF), a partir da planta de formas de duas lajes de concreto armado, utilizando elementos de barras e de cascas. O Modelo I refere-se a uma laje maciça, enquanto o Modelo II representa uma laje nervurada. As Figuras 1 e 2 exibem os modelos gerados.

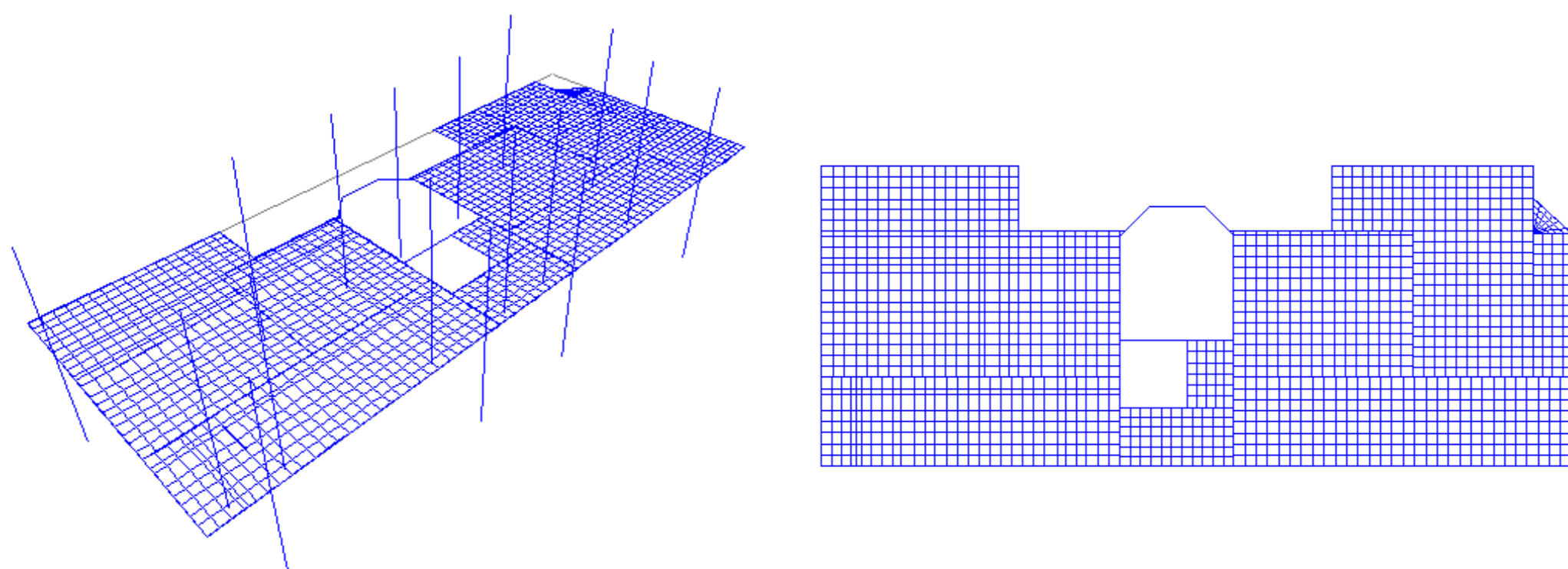


Figura 1: Modelo I (laje maciça) em perspectiva e planta.

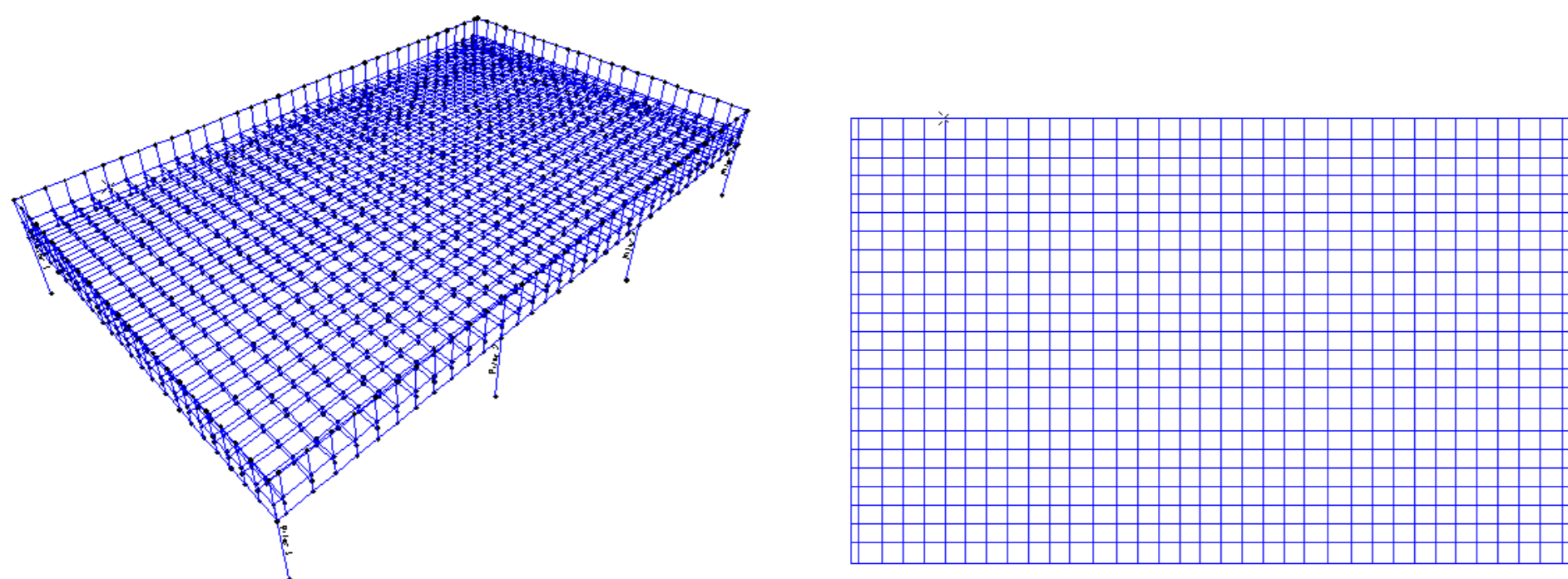


Figura 2: Modelo II (laje nervurada) em perspectiva e planta.

Foi então possível realizar análises modais e estruturais. Como resultados das análises modais foram obtidos os modos de vibração da estruturas e as respectivas frequências naturais. Para as análises estruturais foram propostos carregamentos decorrentes de atividades humanas rítmicas, segundo trabalho de Magioni, Barbosa e Cavichia (2010). As funções de carregamentos foram expandidas em Séries de Fourier, como apresentado a seguir.

$$F_p(t) = G + \sum_{i=1}^n G \cdot \alpha_i \cdot \text{sen}(2\pi i f_p t - \varphi_i)$$

onde:

- G – Peso dos indivíduos;
- α_i – Coeficiente de Fourier associado ao i -ésimo harmônico da atividade;
- f_p – Frequência da atividade;
- t – Tempo;
- φ_i – Ângulo de fase do i -ésimo harmônico em relação ao primeiro harmônico;
- j – Número do harmônico;
- n – Número total de harmônicos.

No Modelo I foram criadas situações que simularam atividades em escritórios e academias, onde as excitações preponderantes são oriundas do caminhar e pular, respectivamente. Já no Modelo II, considerou-se apenas uma pessoa pulando no centro do pavimento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Modelo I apresentou elevada rigidez, resultando em frequência fundamental alta. A fim de obter um modelo com melhores resultados para o estudo, foram propostas algumas alterações nesse modelo com a retirada de duas vigas e um pilar e a diminuição da espessura da laje de 10cm para 7cm, obtendo-se o Modelo I – Alterado. Os resultados das análises modais são expostos na Tabela 1 e nas Figuras 3 a 5.

Tabela 1: Frequências fundamentais dos modelos e frequências críticas segundo finalidade da estrutura.

Modelo	Frequência Crítica (Hz) NBR6118/2003	Frequência Fundamental (Hz)
I	3,6 - 4,8 (escritório) 9,6 (academia)	19,09
I - Alterado	3,6 - 4,8 (escritório) 9,6 (academia)	10,01
II	-	3,59

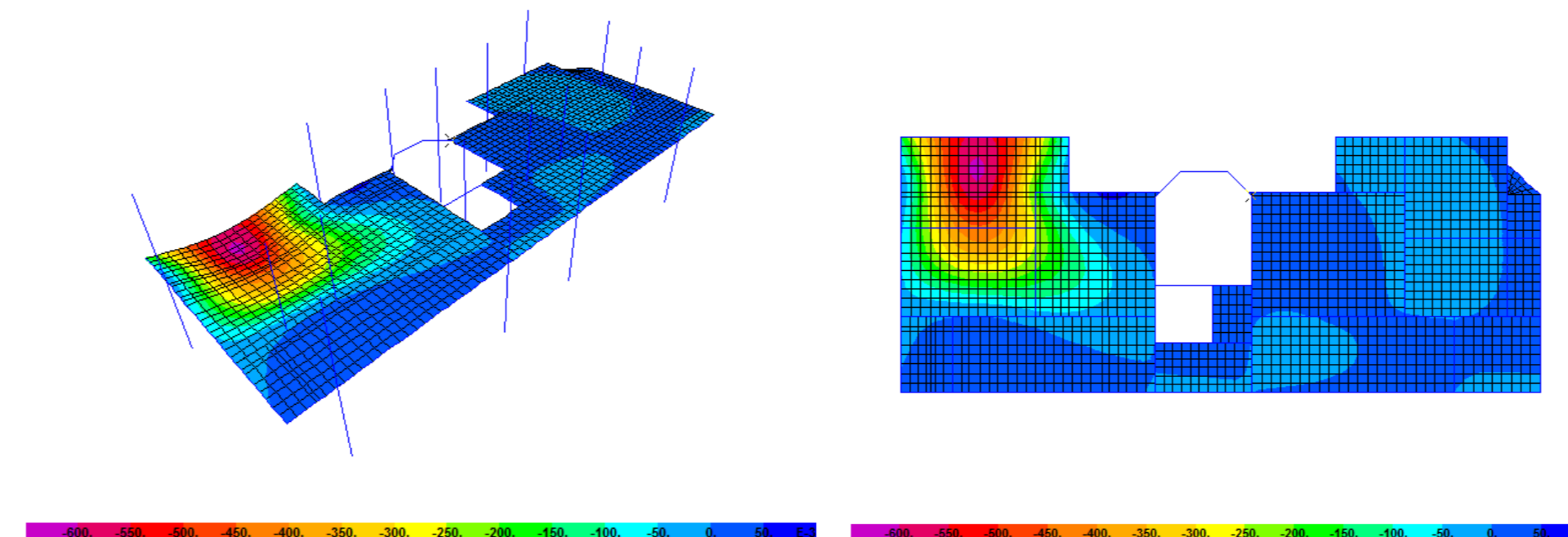


Figura 3: Modo de vibração fundamental da laje do Modelo I.

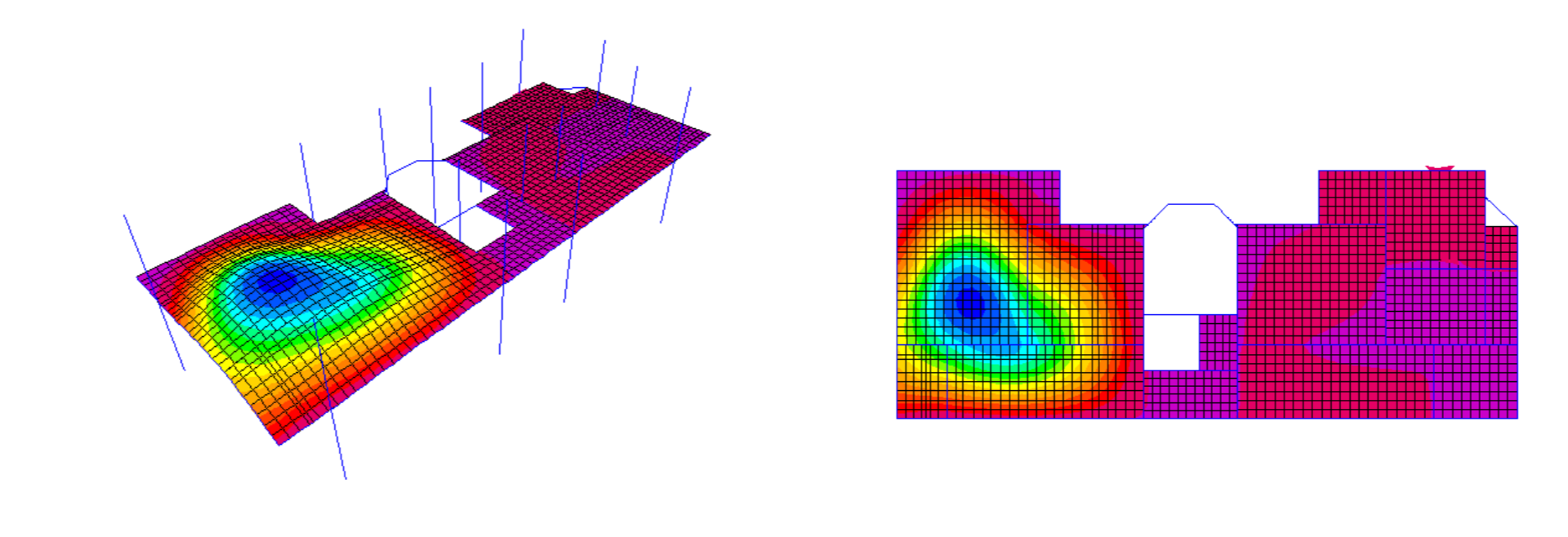


Figura 4: Modo de vibração fundamental da laje do Modelo I – Alterado.

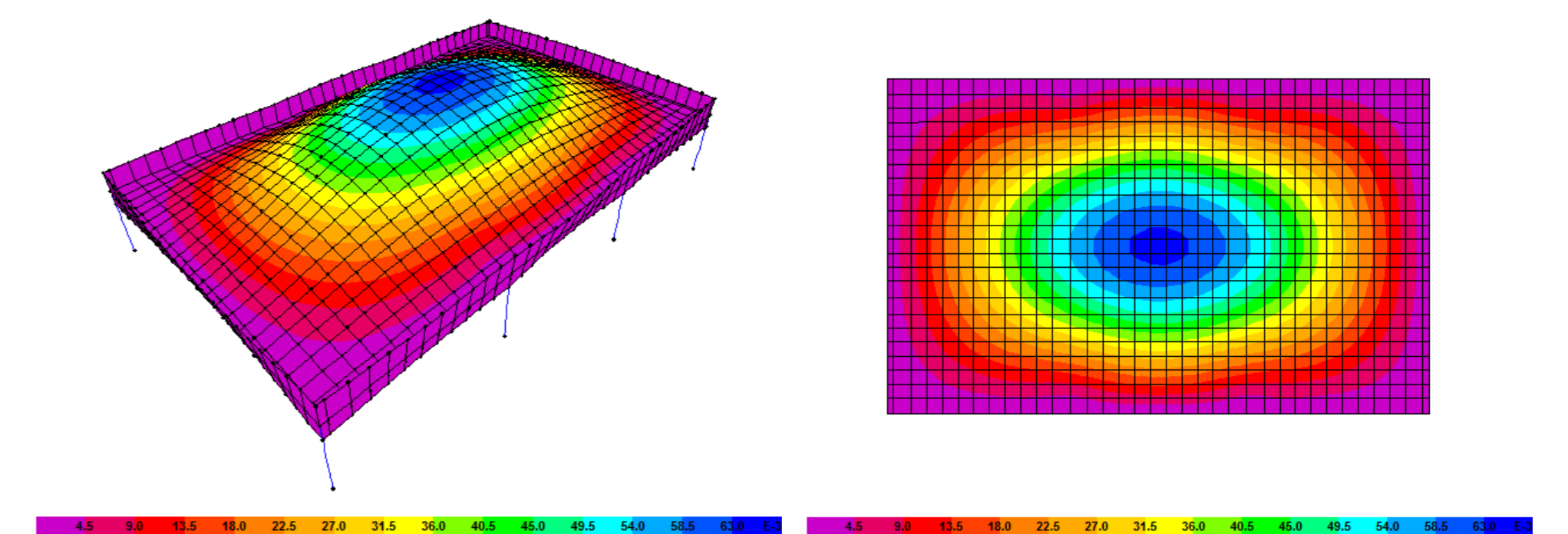


Figura 5: Modo de vibração fundamental da laje do Modelo II.

Os resultados das análises estruturais forneceram valores de deslocamentos, velocidades e acelerações para os nós de interesse. Com isso pôde-se comparar tais valores com as prescrições obtidas na literatura e em normas internacionais, destacando as normas ISO 2631-1 e ISO 2631-2, a qual estipula limites de acelerações vibracionais para o conforto humano. Tais valores são exibidos na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Acelerações resultantes dos carregamentos dinâmicos e acelerações limites para conforto humano.

Modelo	Aceleração (mm/s ²)	Aceleração Limite (mm/s ²) ISO 2631 -1
I	10,68 (escritório)	30 (escritório)
	165,70 (academia)	500 (academia)
I - Alterado	113,85 (escritório)	30 (escritório)
II	1429,73	-

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para o Modelo I – Alterado indicam acelerações superiores às acelerações limites para o conforto dos usuários da estrutura, mesmo que a frequência fundamental da estrutura respeite a prescrição da norma brasileira. Esta análise, junto às análises dos outros modelos desenvolvidos, alertam para o fato de que a prescrição de frequências mínimas para estruturas pode ser necessária para evitar estados limites de vibração, contudo não são suficientes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projetos de Estrutura de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

MAGIONI, A. M., BARBOSA, C., CAVICHIA, M. C. **Vibração em Estruturas: Limites Relativos à Segurança e Conforto dos Usuários**. Projeto de Pesquisa – Iniciação Científica. 8p. 2010

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2631-1**: Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration – Part 1: General Requirements, Switzerland, 1985.