

AMORTECIMENTO DE VIBRAÇÕES EM LAJES COM MATERIAL VISCOELÁSTICO

RAFAELA RODRIGUES DANTAS^{1*}; EMERSON FIGUEIREDO DOS SANTOS²

¹Engenheira Civil, Mestranda em Construção Civil e Estruturas UEFS, Feira de Santana- BA, rafaeldantas.eng@gmail.com;

²Professor Doutor, Curso de Engenharia Civil, UNIT, Aracaju-SE, emfsantos@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Diante do avanço da tecnologia, desenvolvimento de *softwares* e materiais de construção com desempenho melhorado, as estruturas tendem a alcançar padrões mais esbeltos e flexíveis, o que acarreta em problemas de cunho dinâmico. Para contornar estes problemas, dispositivos atenuadores de vibrações podem ser instalados na estrutura que está sob vibração. Dentre esses dispositivos, pode-se destacar os que utilizam de materiais viscoelásticos (MVE's) como núcleo amortecedor, como por exemplo, os componentes estruturais do tipo sanduíche. Para a otimização da análise de vibrações em estruturas, com e sem MVE, é de grande importância a utilização de ferramentas numérico-computacionais, já que a análise de problemas dinâmicos demanda de uma maior complexidade quando comparado a problemas estáticos. A ferramenta computacional utilizada neste trabalho foi o *CONTROLMADS*, que permite que sejam feitas simulações de estruturas já existentes ou não, submetidas a vibrações, além de encontrar as frequências naturais das estruturas, e também as amplitudes de vibração das mesmas. A intenção deste trabalho é analisar se existe redução de amplitude de deslocamento quando lajes são submetidas à tipos variados de funções de cargas, provando assim a possível efetividade do material viscoelástico em sistemas atenuadores de vibração.

PALAVRAS-CHAVE: Vibração, Estruturas, Material Viscoelástico, Elementos Finitos.

VIBRATION DAMPING ON SLABS WITH VISCOELASTIC MATERIAL

ABSTRACT: Faced with the advancement of technology, development of softwares and construction materials with improved performance, as structures tend to be thinner and more flexible, which leads to problems of a dynamic nature. To get around these issues, vibration attenuating devices can be installed in the structures under vibration. Among these devices, it is possible to emphasize the materials of viscoelastic materials (VEM) as a damping core, such as, for example, sandwich type structural components. For an optimization of the vibration analysis in structures, with and without VEM, it is of big importance the use of numerical-computational tools, since the analysis of dynamic problems requires a great complexity when compared to static problems. The computational tool used in this work was the *CONTROLMADS*, which allows simulations of structures already existing or not, subjected to vibrations, in addition to finding the natural frequencies of the structures, and also the vibration amplitudes of the same. The intention of this work is to analyze if there is reduction of displacement amplitude when the slabs are submitted to varied types of load functions, thus proving a possible effectiveness of the viscoelastic material in attenuating systems of vibration.

KEYWORDS: Vibration, Structures, Viscoelastic Material, Finite Elements.

INTRODUÇÃO

As lajes são responsáveis por transmitir as ações que nela chegam para os outros elementos da estrutura. São placas caracterizadas por terem a espessura muito menor que as outras duas dimensões. Recebem a maioria das ações aplicadas à estrutura, geralmente mobiliário, pessoas, máquinas, paredes, revestimentos, varia de acordo com a finalidade da edificação.

Os estudos mais aprofundados na área de análise e dimensionamento estrutural, o uso ferramentas numérico-computacionais, juntamente com o desenvolvimento de materiais de construção

mais resistentes, permitem que estruturas fiquem cada vez mais esbeltas, leves, flexíveis e com vãos maiores. Somado a isso, por negligência dos usuários, existem casos em que uma edificação tem sua utilização diferente do objetivo do projeto estrutural, causando um tipo de carregamento que não foi previsto nos cálculos, como por exemplo a transformação de uma residência em academia de dança. Essas situações podem acarretar na suscetibilidade de problemas de cunho dinâmico nessas estruturas.

Sistemas estruturais dinâmicos demandam uma análise mais complexa quando comparados aos estáticos. Isso ocorre devido a maior diversidade de forças envolvidas, a variação no tempo dessas forças e da resposta do sistema, em termos de acelerações, velocidades, deslocamentos e, conseqüentemente, tensões. Entretanto, a diferença mais relevante entre os problemas estático e dinâmico é o aparecimento, neste último, de forças de inércia produzidas pelas acelerações do sistema.

O tipo mais comum de comportamento dinâmico é caracterizado por movimento vibratório ou, simplesmente vibração, no qual o sistema oscila em torno de uma certa posição de equilíbrio. Segundo Bachmann e Ammann (1987), em edificações, vibrações excessivas resultam em perda da integridade estrutural, danos a elementos não estruturais, velocidades intoleráveis de vibrações e acelerações que geram incômodo aos respectivos usuários.

A adoção de sistemas de amortecimento de vibrações promove melhorias no desempenho estrutural fazendo com que as vibrações sejam reduzidas ou controladas atingindo níveis aceitáveis. Rao (2008) afirma que amortecimento nada mais é que o mecanismo que realiza a conversão gradativa de energia de vibração em calor ou som. O caso que será abordado neste trabalho é de amortecimento com material viscoelástico em configuração sanduíche assistido pela ferramenta numérico-computacional *CONTROLMADS*.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas as reduções de amplitudes de vibrações em lajes com vãos e espessuras diferentes. Primeiramente foram verificadas as frequências naturais de cada laje (sem a aplicação do material viscoelástico e também com a aplicação do mesmo). Em seguida, foram obtidas as amplitudes de deslocamento a partir de duas funções de carga: Uma representando um único impacto gerada por uma pessoa de 80 kg (0,8 kN) quando executa um salto no meio do vão; e outra representando uma seqüência de impactos por um grupo de 9 pessoas com uma média de 80 kg (0,8 kN) que executam uma seqüência de saltos sincronizados. Ambos os casos foram analisados em um intervalo de tempo de 3s.

As lajes existentes sem MVE analisadas foram modeladas da seguinte forma: Laje Tipo 01 com área de $5\text{ m} \times 5\text{ m}$; Laje Tipo 02 com área de $6\text{ m} \times 6\text{ m}$; e por fim a Laje Tipo 03 com $6\text{ m} \times 8\text{ m}$. Para a Laje Tipo 01, foi utilizada uma espessura de 7 cm ; enquanto para as lajes Tipo 02 e 03, foram verificados os resultados utilizando espessuras de 7 cm e 11 cm . Todas as análises foram feitas considerando que todos os bordos das lajes estavam engastados. A resistência à compressão do concreto utilizado nas lajes foi de 25MPa .

Para a análise da redução de vibrações, foi acrescentado 5 mm de material viscoelástico em toda a extensão das lajes existentes e adicionado 3 cm de camada restritora utilizando concreto de 50 MPa , aplicando a configuração sanduíche, como está detalhado na Figura 1. As mesmas verificações que foram feitas para o modelo sem MVE, foram feitas nos modelos com o material viscoelástico para que fosse possível realizar uma comparação entre eles. Vale ressaltar que o material viscoelástico empregado na análise foi o mesmo utilizado por VASCONCELOS (2003) e SANTOS (2007), o qual foi objeto de avaliação teórico-experimental com resultados relevantes para sua aplicação na ponte Rio-Niterói.

Figura 1. Aplicação do material viscoelástico em configuração sanduíche.



As lajes (com e sem material viscoelástico) foram modeladas usando o método dos elementos finitos, sendo discretizadas por elementos de placa e hexaédricos (este quando se utiliza a camada de material viscoelástico). Cada elemento com dimensões de $0,5\text{ m} \times 0,5\text{ m}$. Todos estes dados foram inseridos no *CONTROLMADS*, revelando as frequências naturais e amplitudes de deslocamento das respectivas lajes.

Para cada laje foram verificados os cinco primeiros modos de vibração e foi percebida uma redução das frequências naturais nas lajes com o material viscoelástico, devido ao acréscimo de massa ao sistema. Deve-se ressaltar que as frequências da estrutura original e da estrutura com MVE apresentam valores próximos, o que garante que as características dinâmicas da estrutura sejam conservadas, evidenciando a efetividade do material viscoelástico na função de atenuador de vibrações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas as amplitudes de deslocamento para as lajes existentes assim como para as lajes com material viscoelástico. Para melhor visualização, foi feita uma subdivisão em dois casos (Figura 2): (a) Caso 01, uma pessoa de 80 kg pula uma única vez no centro do vão da laje; (b) Caso 02, um grupo de 9 pessoas (com média de 80 kg) efetuam pulos sequenciais na laje.

Figura 2. Aplicação do material viscoelástico em configuração sanduíche.



A aplicação do material viscoelástico na laje existente fez com que houvessem ótimas reduções na amplitude de deslocamento da laje, sendo sua aplicação mais eficaz nas lajes mais esbeltas e que recebem mais energia de excitação. Para o caso 01 o melhor resultado foi na laje tipo 3 ($6\text{ m} \times 8\text{ m} \times 7\text{ cm}$), que é a mais esbelta, houve uma redução de aproximadamente 25% da amplitude de deslocamento (Figura 3) quando comparada com a estrutura original. No caso 02, os melhores resultados também foram os da laje tipo 3, a qual apresentou reduções de aproximadamente 85% da amplitude de deslocamento (Figura 4). É possível observar que além de reduzir as amplitudes de deslocamento, o material viscoelástico proporcionou uma maior estabilidade a estrutura, principalmente no caso 02, onde se percebe que a cada 0,5 segundo na estrutura original, a amplitude de deslocamento varia, porém quando a estrutura recebe o material viscoelástico essas amplitudes ficam constantes, controlando de forma satisfatória a vibração das lajes. Nas lajes menos esbeltas, só existiu redução de amplitude de deslocamento no caso 02, isso aconteceu pois como a estrutura é mais rígida, ela precisa de mais energia para excitar mais modos de vibração. Para o caso 01 estas lajes se comportaram de forma indiferente à aplicação do MVE, como por exemplo a laje tipo 2 ($6\text{ m} \times 6\text{ m} \times 11\text{ cm}$), que tem seu comportamento mostrado na Figura 5. Para o caso 02 também analisando a laje tipo 2, foi possível observar uma redução de 54% e estabilização dos picos de amplitude a cada 0,5s (Figura 6).

Figura 3. Resposta dinâmica em termos de deslocamento vertical para o caso 01 – laje tipo 3 (7cm espessura).

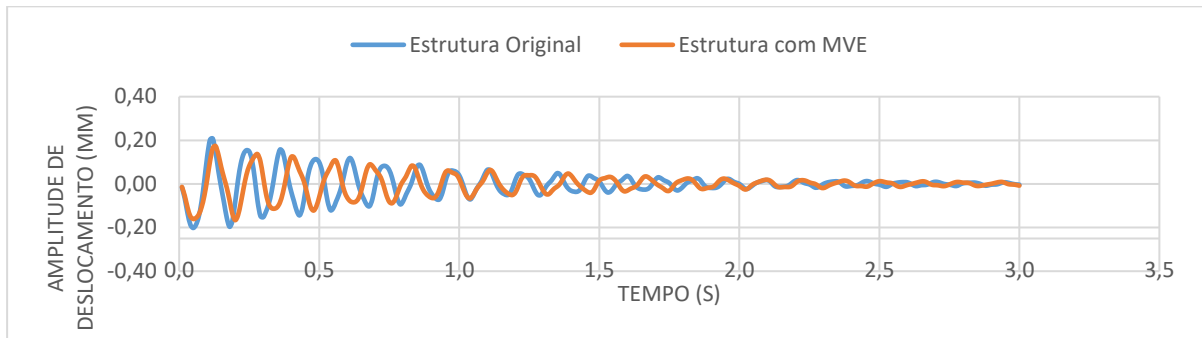


Figura 4. Resposta dinâmica em termos de deslocamento vertical para o caso 02 – laje tipo 3 (7cm espessura).

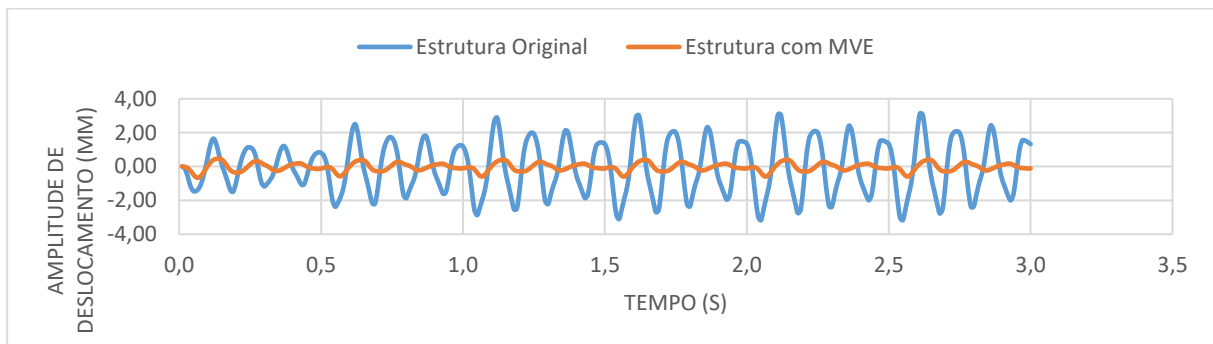


Figura 5. Resposta dinâmica em termos de deslocamento vertical para o caso 01 – laje tipo 2 (11cm espessura).

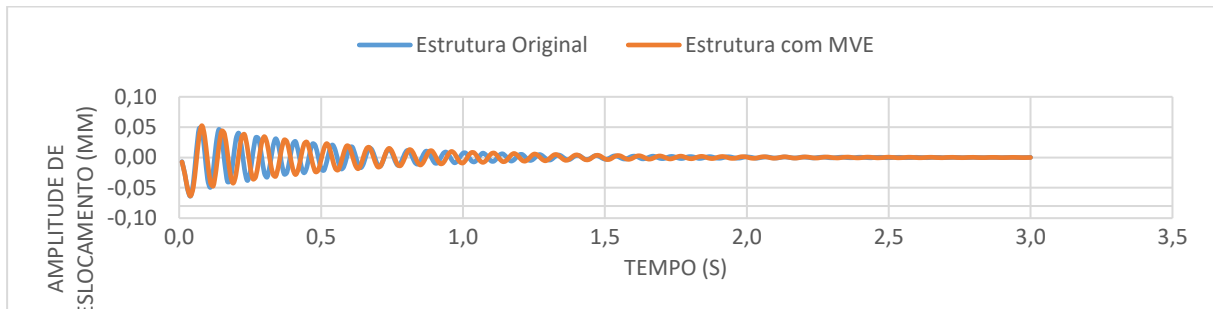
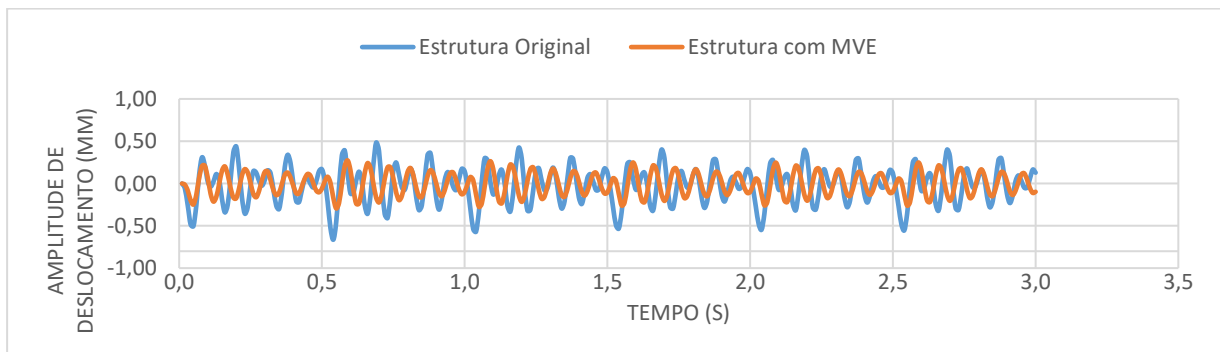


Figura 6. Resposta dinâmica em termos de deslocamento vertical para o caso 02 – laje tipo 2 (11cm espessura).



CONCLUSÃO

Este trabalho abrange um tema muito presente na atualidade. Nele é abordado um método recente de atenuador de vibrações, que diz respeito ao amortecimento de estruturas com material viscoelástico. Foram feitas análises em cinco tipos de lajes com dimensões variadas. Tais lajes foram estudadas sem nenhum tipo de atenuador de vibrações e também com o MVE atuando como amortecedor.

As análises foram feitas via ferramenta numérico computacional CONTROLMADS - Controle de Vibrações via Múltiplos Atenuadores Dinâmicos Sincronizados (SANTOS, 2007). Foram encontradas as frequências naturais das lajes originais e com MVE. É importante salientar que houve uma preocupação de que estas frequências apresentassem valores próximos para que as características dinâmicas da laje fossem conservadas e o material viscoelástico atuasse de forma satisfatória. As amplitudes de deslocamento das estruturas também foram encontradas para que fosse feita a análise de redução destas, nas lajes sem amortecimento e com o a aplicação do MVE.

Os resultados foram bastante satisfatórios, mostrando que o material viscoelástico funciona bem na função de atenuador de vibrações quando a estrutura está submetida a maiores distorções, ou seja, quanto maior a vibração da laje, melhor será o desempenho do MVE como amortecedor. Para que o material viscoelástico tenha um bom desempenho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Tiradentes e à Universidade Estadual de Feira de Santana pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BACHMANN, Hugo; AMMANN, Walter. *Vibrations in Structures*. 3.ed. Switzerland: IABSE-AIPC-IVBH, 1987.
- DANTAS, R. R., 2017, *Amortecimento de Vibrações em Lajes com Material Viscoelástico – Trabalho de Conclusão de Curso*. UNIT, Aracaju, SE, Brasil.
- RAO, Singiresu. *Vibrações Mecânicas*. 4.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- SANTOS, E.F., 2007, *Análise e Redução de Vibrações em Pontes Rodoviárias*. Tese de D. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- VASCONCELOS, R. P., 2003, *Controle Dinâmico Estrutural via Mecanismos Viscoelásticos*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.