

METODOLOGIAS PROGRESSIVAS PARA A ANÁLISE DA ITERAÇÃO FLUIDO-ESTRUTURA EM BARRAGENS DE CONCRETO

Jean Baptiste Joseph¹; Paulo Marcelo Vieira Ribeiro²

¹Estudante do Curso de Engenharia Civil- CTG – UFPE; E-mail: jbluxe40@yahoo.fr,

²Docente/pesquisador do Depto de Engenharia Civil- CTG – UFPE. E-mail: paulo.vribeiro@ufpe.br.

Sumário: A consideração, em termos de análise estrutural, da interação fluido-estrutura, consiste em uma importante avaliação nos projetos de engenharia. Essas considerações são aplicadas em diversas situações da engenharia, como por exemplo, o escoamento de ar em torno de edificações ou aeronaves, escoamentos em torno de estruturas navais e avaliação de pressões hidrostáticas em reservatórios de barragens. Dessa maneira foi implementado o Método de Diferenças Finitas para a solução da equação da onda no domínio da frequência, considerando a interação com vigas ao longo de seus contornos, com o objetivo de solucionar o problema de valor de contorno para cavidades acústicas bidimensionais obtendo assim os modos de vibrações livres do problema.

Palavras-chave: barragem; fluido-estrutura; método das diferenças finitas;

INTRODUÇÃO

Na engenharia os efeitos da interação de múltiplos domínios são importantes na avaliação das respostas em termos de deslocamentos e esforços. Como exemplos de Interação Fluido-Estrutura (IFE) surgem: o escoamento do ar em torno de edificações ou aeronaves, escoamentos em torno de estruturas navais e avaliação de pressões dinâmicas em reservatórios de barragens. Atualmente, devido aos avanços na indústria de computadores, as ferramentas numérico-computacionais consistem em meios bastante eficientes para a realização dessas avaliações.

Dentre os métodos numéricos mais utilizados para a IFE podem ser citados: o Método das Diferenças Finitas, o Método dos Elementos Finitos e o Método dos Volumes Finitos. Esses consistem em ferramentas para a discretização de problemas fisicamente contínuos, permitindo sua solução a partir do computador. Tendo em vista que os problemas envolvendo fluido possuem um espectro um tanto significativo de considerações, podendo variar desde um escoamento a altas velocidades em torno de uma aeronave até um escoamento de óleos altamente viscosos em um meio poroso, são feitas algumas considerações para a avaliação dos problemas envolvendo cada situação particular. Nesse trabalho foi considerada a interação entre uma cavidade acústica, que consiste em um meio fluido onde não há advecção, apenas a propagação de ondas, e meios flexíveis ou, particularmente, vigas. Dessa maneira foi implementado o Método de Diferenças Finitas para a solução da equação da onda no domínio da frequência, considerando a interação com vigas ao longo de seus contornos, com o objetivo de solucionar o problema de valor de contorno para cavidades acústicas bidimensionais obtendo assim os modos de vibrações livres do problema.

OBJETIVOS

- ✓ Soluções analíticas, semi-analíticas e numéricas para problemas de interação fluido-estrutura em engenharia de barragens. Vide figura 1
- ✓ Solução analítica do campo de pressões hidrodinâmicas em domínio bidimensionais;
- ✓ Solução analítica para vibração livre e forçada de estruturas reticuladas em meios acústicos;
- ✓ Solução numérica (MDF e MEF) para vibração livre e forçada de estruturas bidimensionais em meios acústicos;
- ✓ Elaboração de procedimentos e rotinas básicas para solução prática da resposta dinâmica estrutural com abordagens analíticas e semi-analíticas do problema.

A figura 1 abaixo mostra uma síntese da ideia inicial da pesquisa, porém o trabalho foi até as figuras 1(a) e 1(b) que são os problemas desacoplados. O problema da figura 1(c) não foi estudado pelo aluno durante a vigência da pesquisa, esse último passo do trabalho fica deficiente em termo de resultado e será abordado pelos próximos alunos do grupo da pesquisa.

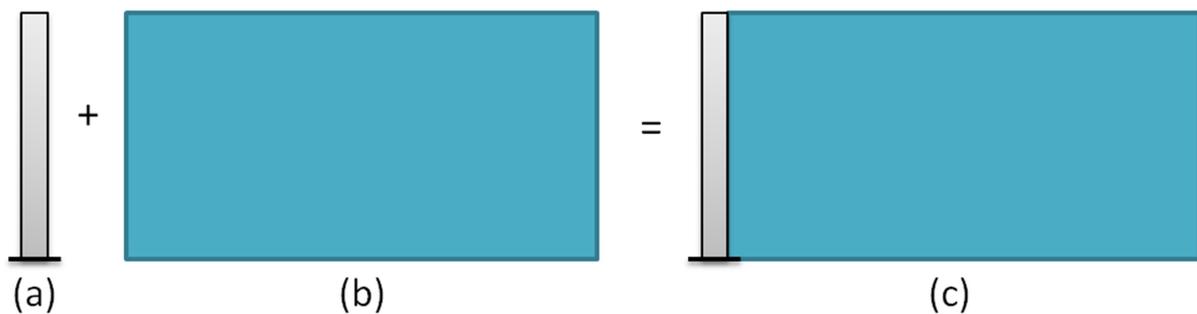


Figura 1. Representação esquemática do problema: (a) Estrutura reticulada (b) Cavidade Acústica (c) Iteração Fluido-Estrutura

METODOLOGIA

O projeto inicia com um treinamento básico em Equações Diferenciais Parciais, Sistemas de Álgebra Computacional (CAS) e Método das Diferenças Finitas. A primeira etapa do trabalho consiste em treinamento em Dinâmica das Estruturas e Método dos Elementos Finitos. Problemas de valores próprios são estudados na seguinte sequência: (a) estrutura isolada, (b) cavidade acústica isolada, (c) problema acoplado estrutura-cavidade. Na sequência serão investigados os problemas de vibração forçada

A segunda etapa contempla as contribuições com o desenvolvimento de soluções analíticas e semi-analíticas, empregando códigos computacionais próprios em Matlab.

De forma resumida as etapas no projeto proposto são:

- ✓ Revisão da literatura;
- ✓ Estudo das equações governantes do domínio fluido 2D e estratégias de solução;
- ✓ Estudo das equações da estrutura 1D e estratégias de solução;
- ✓ Elaboração de modelos numéricos e validação das soluções analíticas;
- ✓ Desenvolvimento de contribuições analíticas, semi-analíticas e numéricas aplicadas ao projeto de barragens.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Modal da Estrutura

O exemplo a seguir consiste em uma análise modal de uma viga de aço engastada e livre com seção quadrada de dimensões unitária e comprimento de 10 m. O material possui peso específico $\rho = 7800 \text{ kg} / \text{m}^3$, módulo de elasticidade $E = 200 \text{ GPa}$. Os resultados foram comparados com as soluções analíticas, provenientes da resistência das matérias, posteriormente foram obtidos as frequências naturais e modos de vibração correspondentes a cada frequência comparados com os software ANSYS e SAP2000. A figura 2 apresenta o modelo estrutural do problema analisado.

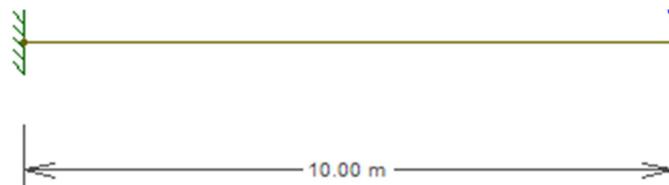


Figura 2 Modelo estrutural – Viga Engastada e Livre.

A Tabela 1 fornece os valores de frequências naturais para a estrutura em análise, esses foram comparados com as frequências obtidas pelo ANSYS, pelo SAP2000 e pela solução analítica do problema.

Tabela 1. Erro relativo entre MDF-ANSYS

Modo	MDF (50 divisões)	ANSYS	Erros Relativos(%)
1	51.37	51.16	0.41
2	321.48	309.88	3.61
3	898.43	796.98	11.29
4	1756	828.36	52.83

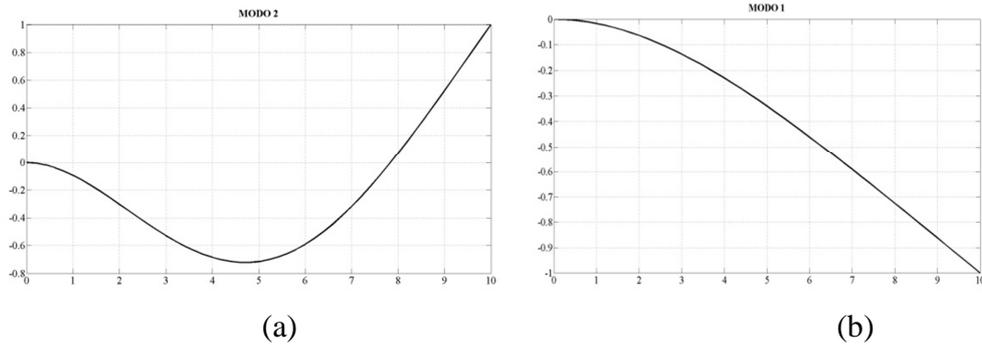


Figura 3 (a) Primeiro modo de vibração da viga (b) Segundo modo de vibração

Teste de convergência entre a solução Numérica e Analítica da Cavidade

Para validar a metodologia empregada, foi feita um teste de convergência entre o modelo numérico e analítico, no qual foram avaliadas as distribuições de pressões. Foi utilizada quatro malhas que nos permitirá de estudar a influencia do tamanho no refinamento dos resultados obtidos.

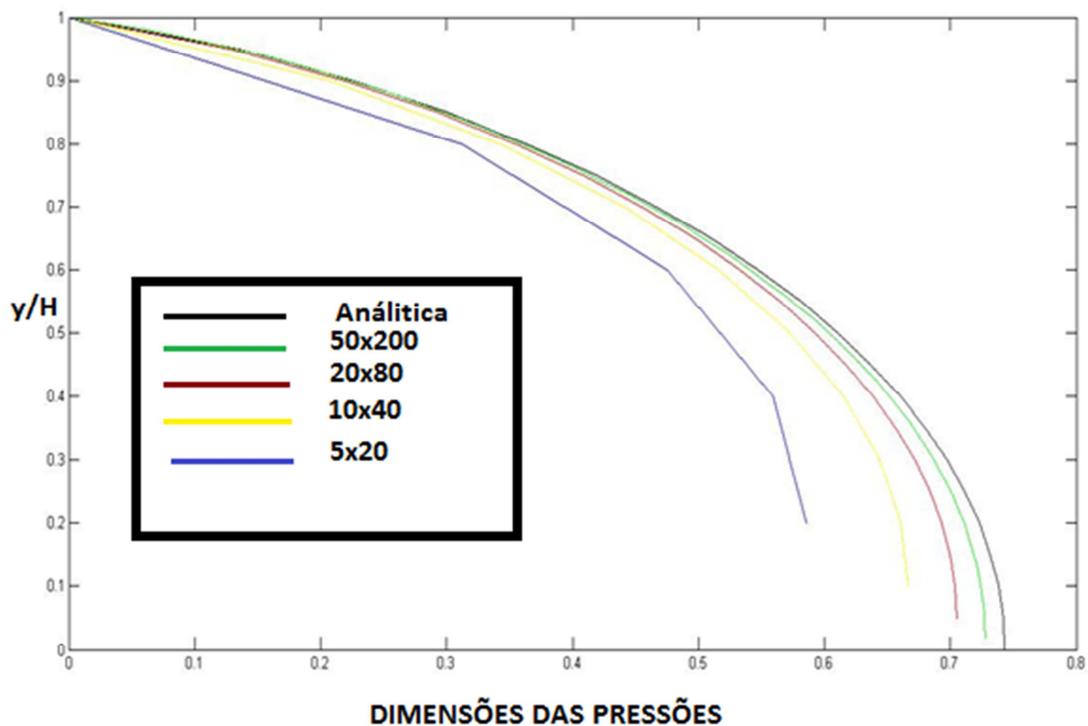


Figura 4 Pressões na interface Fluido-Estrutura – Analítico x Numérico

Analisando a figura (4) acima pode-se observa que o tamanho da malha influencia nos resultados, como já era esperado. A malha 50x200 apresenta resultados satisfatórios.

CONCLUSÃO

Neste trabalho, desenvolveu uma metodologia que permite calcular as frequências de uma estrutura reticulada e os campos de pressões ao longo da interface estrutura-cavidade de uma cavidade acústica, utilizando o Método das diferenças finitas (MDF). Um modelo numérico completo foi proposto para obter soluções aproximadas para o modelo de vigas submetidas à flexão, ou seja a deformação por efeito de cisalhamento não foi considerado neste problema. O código desenvolvido apresentou ótimos resultados comparando com a solução analítica. Esse trabalho procurou dar mais um passo nos estudos relacionados com problema interação fluido-Estrutura, portanto, contribui para sistematizar conceitos e técnicas bem como desenvolvendo metodologias que permitam a evolução de futuras pesquisas, neste sentido recomenda-se programar um código que permite o acoplamento da estrutura e a concavidade acústica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(ver exemplos abaixo)

SILVA, S. F. “Interação Dinâmica Barragem-Reservatório: Modelos Analíticos e Numéricos”, Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.TD-05A/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 220 p., 2007.

RIBEIRO, P. M. V. Uma Metodologia Analítica para a Avaliação do Campo de Tensões em Barragens Gravidade de Concreto durante Terremotos. 162p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção civil) – Departamento de engenharia civil e ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

RIBEIRO, P. M. V., 2010, “Soluções Analíticas para Cavidades Acústicas Bidimensionais com Aplicação ao Estudo da Interação Dinâmica Barragem-Reservatório”, Tese de Doutorado, Publicação E.TD-004A/10, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 306 p.

RIBEIRO, P. M. V., MELO, C. A. E., PEDROSO, L. J. “Semi-Analytical Solution of Dam-Reservoir Interaction in the Fundamental Mode Shape”. In: Solid Mechanics in Brazil - 2009. São Paulo: ABCM - Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2009, p. 445-473.

PUBLICAÇÕES NO PERÍODO DE VIGÊNCIA DA BOLSA

01 – Integração Matlab-Gid em código com interface gráfica para solução de problemas de elasticidade bidimensional(CILAMCE/ Fortaleza 2014