

Revista Eletrônica



Volume 5 – Número 1 - 2025

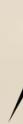
Uso de Amortecedores Dinâmicos em Arranha-Céus e Pontes: Mitigação de Vibrações Induzidas por Ventos e Tráfego

Henrique de Sá Braga Ferreira
h.sa@aluno.ifsp.edu.br

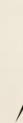
Leonardo Davi Barbosa
leonardo.davi@aluno.ifsp.edu.br



Introdução



- Evolução das estruturas: Mais altas e mais leves.
- O Problema: Baixo amortecimento intrínseco (0,5% a 2%).
- Consequências: Desconforto humano e fadiga estrutural.





Fontes de Excitação e Fenômenos Físicos

- A Vento: Vortex Shedding (Desprendimento de Vórtices).
- A Tráfego/Pedestres: Ressonância e Sincronização.



Modelagem Matemática (Dinâmica Estrutural)

A Equação de Movimento (MDOF):

$$M \cdot \ddot{u}(t) + C \cdot \dot{u}(t) + K \cdot u(t) = F(t) + F_{damper}(t)$$

A Objetivo: Maximizar a dissipação via Fdamper



Soluções Passivas: TMD e TMDI

A TMD (Clássico): Massa sintonizada + mola + amortecedor.

A TMDI (Inovação): Uso de Inerter.





Soluções Semi-Ativas (Fluido MR)

- A Amortecedores Magnetorreológicos (MR).
- A Mudança de viscosidade em milissegundos (Líquido <-> Semi-sólido).
- A Baixo consumo de energia + Alta confiabilidade.



Controle Ativo (ATMD)

- A ATMD: Atuadores aplicam força externa.
- A Caso: Edifício Goldin Finance 117 (Aumento de 11x no amortecimento).
- A Contras: Custo elevado e necessidade de backup de energia.



Metodologia de Projeto Robusto

- Abordagem Híbrida: CFD (Computacional) + Túnel de Vento.
- Incertezas: Variação de rigidez e cargas estocásticas.
- Otimização: Algoritmos Genéticos / PSO.



Metodologia de Projeto Robusto

Tecnologia / Tipo	Modo de Ação	Vantagens Principais	Limitações e Desafios de Viabilidade	Exemplos Notáveis
TMD Passivo	Massa auxiliar sintonizada que oscila em oposição de fase com a estrutura, dissipando energia através de um amortecedor viscoso ou friccional.	Simplicidade conceitual, alta confiabilidade, ausência de consumo de energia, custo relativamente baixo.	Requer massa elevada, ocupa espaço significativo, sensível a erros de sintonia (perda de eficácia se a frequência da estrutura mudar).	Taipei 101 (Taiwan); John Hancock Tower (Boston, EUA).
TMDI (com Inerter)	Similar ao TMD, mas incorpora um <i>inertor</i> que gera uma força proporcional à aceleração relativa, criando um efeito de "amplificação de massa".	Maior eficácia com menor massa física, menor curso (<i>stroke</i>) necessário, maior robustez a erros de sintonia.	Maior complexidade mecânica, custo superior ao TMD passivo, as forças geradas pelo <i>inertor</i> devem ser acomodadas pela estrutura.	Aplicações em pesquisas e projetos de ponta; estudos de TMDFI para arranha-céus.
Amortecedor MR (Semi-Ativo)	Utiliza um fluido magnetorreológico cuja viscosidade é controlada em tempo real por um campo magnético, ajustando a força de amortecimento.	Adaptabilidade a diferentes condições de carga, baixo consumo de energia, alta confiabilidade (operação passiva em caso de falha), bom equilíbrio entre desempenho e custo.	Complexidade do sistema de controle e sensores, possível atraso na resposta do controle, custo de manutenção e monitoramento contínuo.	Controle de cabos em pontes estaiadas (ex: Ponte Dongting, China); suspensões automotivas.
ATMD (Ativo)	Utiliza atuadores para aplicar uma força externa controlada à massa do amortecedor, opondo-se ativamente ao movimento da estrutura.	Máximo desempenho na redução de vibrações, adaptabilidade total a mudanças na estrutura e na excitação, eficaz em ampla faixa de frequências.	Alto custo de instalação e operação, consumo significativo de energia (requer backup), alta complexidade do sistema de controle, risco de falha.	Arranha-céu de 600 m (China); Citigroup Center (Nova Iorque, EUA).

- **Passivo:** Confiável, mas pesado.
- **Semi-Ativo:** Adaptável e econômico.
- **Ativo:** Máxima performance, alto custo.

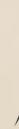


Tendências Futuras

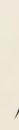
- A Inteligência Artificial: Redes Neurais (LSTM) para previsão de vibração.
- A Energy Harvesting: Amortecedores que geram eletricidade.
- A Projeto Integrado (Arquitetura + Engenharia).



Conclusões



- Amortecedores não são acessórios, são essenciais.
- Evolução: Reativo <-> Adaptativo <->Preditivo.
- Segurança e Conforto garantidos.



Obrigado Pela Atenção

