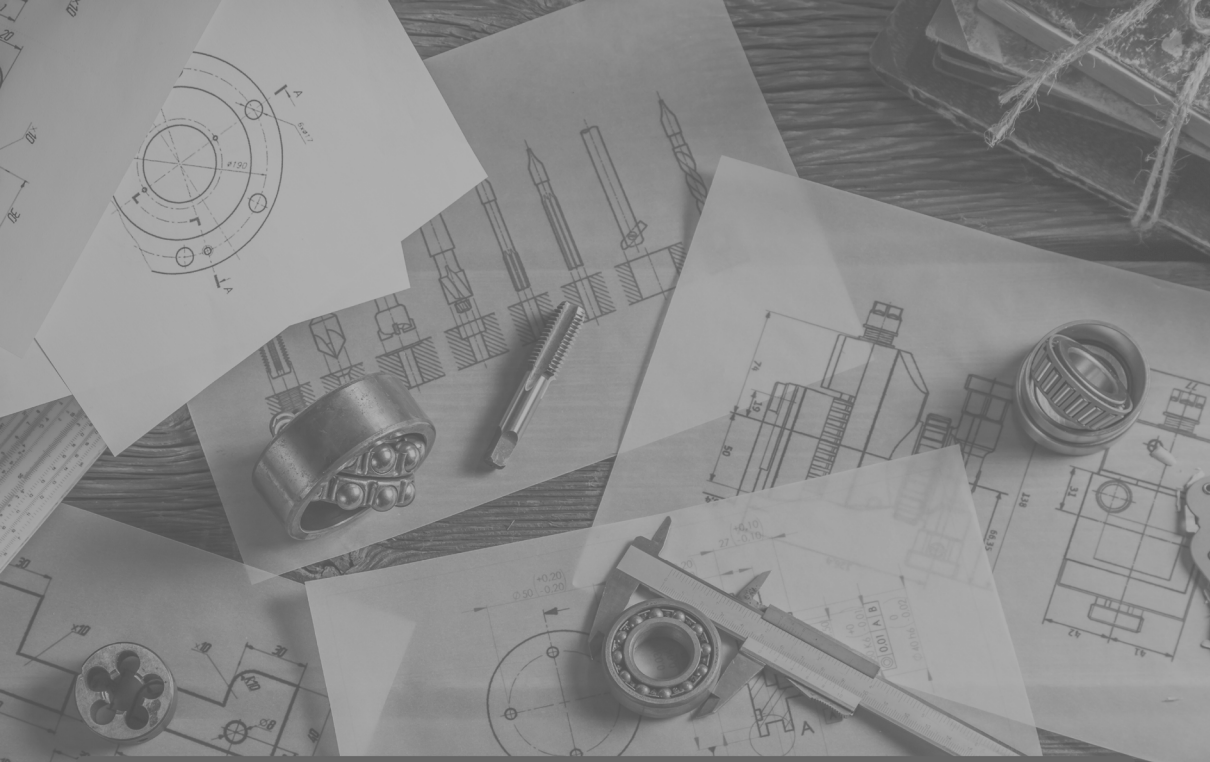


Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica

3

Atena
Editora
Ano 2023



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica

3

Atena
Editora
Ano 2023

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^o Dr^o Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^o Dr^o Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^o Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^o Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^o Dr^o Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^o Dr^o Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes
Prof^o Dr^o Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^o Dr^o Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof^o Dr^o Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof^o Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^o Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
A642	<p>A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica 3 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0782-9 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.829230501</p> <p>1. Engenharia mecânica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 621</p>
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A Engenharia Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos. O aumento no interesse por essa área se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral.

Nos dias atuais a busca pela redução de custos, aliado a qualidade final dos produtos é um marco na sobrevivência das empresas, reduzindo o tempo de execução e a utilização de materiais.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de mecânica e materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas técnicas e econômicas.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.


Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

CAPÍTULO 1 1**METROLOGIA PARA ENGENHARIAS: CONSTRUÇÃO DE UM PROJETO METROLÓGICO PARA APLICAÇÃO DE CONCEITOS**

Lisiane Trevisan

Daniel Antonio Kapper Fabricio


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305011>**CAPÍTULO 2 11****APLICAÇÃO DE MÉTODO DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS PARA MELHORIA DE PROCESSO DE SOLDAGEM**

Sílvio Caixeta Rodrigues

Pedro Henrique Pires França

Wisley Falco Sales


Lohanna Ferreira Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305012>**CAPÍTULO 324****ESTUDO DA LIGA Ti-30Nb-5Mo APLICADA EM IMPLANTES ORTOPÉDICOS**

Alexandra de Oliveira França Hayama

Magna Bibiano de Oliveira

Aguinaldo Soares de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305013>**CAPÍTULO 439****INVESTIGATION ON THE MECHANICAL PROPERTY BEHAVIOUR OF THE HYBRID COMPOSITES FROM NATURAL AMAZONIAN FIBRES BY NUMERICAL AND EXPERIMENTAL METHOD**

Gilberto García del Pino

Abderrezak Bezazi

Haithem Boumediri

José Luis Valin Rivera

Antonio Claudio Kieling


Sofia Dehaini Garcia

José Costa de Macedo Neto

Marcos Dantas dos Santos

Tulio Hallak Panzera

César Alberto Chagoyen Méndez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305014>**CAPÍTULO 549****APRENDIZADO DE MÁQUINA EMPREGADO EM SOLUÇÕES APLICADAS EM UM BRAÇO MANIPULADOR DIDÁTICO**

Márcio Mendonça


Angelo Feracin Neto

Ricardo Breganon

Rogério Breganon

Emerson Ravazzi Pires da Silva


Vicente de Lima Gongora
 Michelle Eliza Casagrande Rocha
 Andre Luis Shiguemoto
 Celso Alves Correa
 Matheus Gil Bovolenta
 Rodrigo Rodrigues Sumar
 Luiz Francisco Sanches Buzachero
 Márcio Jacometti
 Kazuyochi Ota Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305015>

CAPÍTULO 664

SISMOS: BREVE ABORDAGEM TEÓRICA SOBRE SUA AÇÃO SOBRE ESTRUTURAS, CONTROLE DAS VIBRAÇÕES E DISPOSITIVOS DE CONTROLE PASSIVOS


Tarciso Melo Claudino
 Natanael de Paula e Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305016>

CAPÍTULO 7 81

AVALIAÇÃO ANALÍTICA ENERGÉTICA E EXERGÉTICA DO CHUVEIRO ELÉTRICO

Haypha Mendes Vieira
 Carlos Alberto Chuba Machado
 Fernando Augusto Alves Mendes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305017>

SOBRE O ORGANIZADOR98

ÍNDICE REMISSIVO99

SISMOS: BREVE ABORDAGEM TEÓRICA SOBRE SUA AÇÃO SOBRE ESTRUTURAS, CONTROLE DAS VIBRAÇÕES E DISPOSITIVOS DE CONTROLE PASSIVOS

Data de aceite: 02/01/2023

Tarciso Melo Claudino

Graduando em Engenharia Mecânica Empresarial, Universidade Federal do Rio Grande – FURG
Bolsista de iniciação Científica do CNPq

Natanael de Paula e Silva

Graduando em Engenharia Mecânica Empresarial, Universidade Federal do Rio Grande – FURG

desenvolvidos até então sobre como são originados estes fenômenos, a ação dinâmica dos sismos sobre edificações, os métodos de controle de vibrações e alguns exemplos de equipamentos empregados em estruturas situadas em diversas localidades do planeta.

PALAVRAS-CHAVE: Sismos. Estruturas. Ações sobre edifícios. Controle. Dispositivos de controle passivos.

RESUMO: A ação de sismos ou denominados terremotos sobre estruturas tem causado ao longo da história grandes danos à humanidade. Em virtude de ser um fenômeno inevitável quando causado por ação natural, a engenharia civil tem se aperfeiçoado nas últimas décadas para minimizar os danos ocorridos em estruturas que não estavam projetadas para suportar as excitações causadas pelos sismos. Com o avanço dos estudos na área sísmica e da tecnologia, os países mais vulneráveis a essas ações, principalmente os mais desenvolvidos, vem empregando em suas estruturas dispositivos auxiliares com a finalidade de suportar os tremores de terra sob as edificações. Este trabalho tem como foco explorar brevemente os estudos

EARTHQUAKES: BRIEF THEORETICAL APPROACH ABOUT THEIR ACTION ON STRUCTURES, CONTROL OF VIBRATION AND PASSIVE CONTROL DEVICES

ABSTRACT: The action of earthquakes or so-called earthquakes on structures has caused great damage to humanity throughout history. By virtue of being an inevitable phenomenon when caused by natural action, civil engineering has been perfected in recent decades to minimize damage to structures that were not designed to withstand the excitations caused by earthquakes. With the advancement of studies in the seismic area and technology, the countries most vulnerable to these actions, especially the more developed ones,

have been employing auxiliary devices in their structures in order to withstand earthquakes under the buildings. This work focuses on briefly exploring the studies developed so far on how these phenomena originate, the dynamic action of earthquakes on buildings, methods of vibration control and some examples of equipment used in structures located in different locations on the planet.

KEYWORDS: Earthquakes. Structures. Actions on buildings. Control. Passive control devices.

1 | INTRODUÇÃO

Os desastres naturais representam um conjunto de fenômenos que fazem parte da geodinâmica terrestre, em suma da natureza do planeta. Segundo Bolt (2003), um desses efeitos são os terremotos, ou também denominados sismos, que em virtude de sua ocorrência podem trazer consequências catastróficas para o ser humano. Por mais que estudos e tecnologias antissísmicas estão sendo empregadas, muitos desses desastres são imprevisíveis. Em decorrência da constante movimentação das placas tectônicas flutuantes sobre o magma na crosta terrestre, regiões próximas ao encontro dessas placas são consideradas mais suscetíveis (BOLT, 2003). O poder de destruição causados pelos sismos é enorme, segundo aponta o site da *British Broadcasting Corporation* (BBC), os cinco sismos que causaram maior número de vítimas na América Latina ocorreram no Haiti, em 2010, que resultou em um total de 316 mil mortos, já no Peru em 1970, com 66 mil mortos, no Chile em 1939 ocasionando 24 mil vítimas fatais, na Guatemala em 1976, resultando em 23 mil mortes e na Nicarágua onde o poder de destruição do sismo, ocasionou a fatalidade de mais de 10 mil mortos. Pode-se observar que mesmo com a evolução da engenharia sísmica as maiores destruições ocorreram em países menos desenvolvidos, países mais desenvolvidos localizados em zonas sísmicas de intensa atividade como o Japão, sofrem constantemente com os tremores de terra, entretanto estão mais preparados para minimizar os desastres em decorrência desses fenômenos.

Nos últimos anos tem se intensificado a pesquisa no âmbito dos sistemas de proteção sísmica na área da engenharia civil, para obtenção da melhor resposta das estruturas, mediante a ocorrência dos sismos, principalmente em regiões com maior sismicidade, a fim da redução do número de mortes e destruição causadas pelas ações sísmicas. Os estudos no controle das vibrações como sistemas de proteção sísmica também vêm evoluindo, com objetivo de promover a alteração nas propriedades de rigidez e amortecimento nas edificações, tanto pela forma de adição de dispositivos externos ou pela ação de forças externas, podendo ser classificados com controle passivo, ativo, híbrido ou semiativo (AVILA, 2002).

Tendo em vista a proteção antissísmica, diversos equipamentos estão sendo empregados em diversas estruturas no planeta, entretanto, em sua maioria, se não totalmente, em países com maior desenvolvimento, tendo em vista conferir um maior nível de segurança em edifícios, com o objetivo de diminuir as excitações nas estruturas, à custa

de alterações, ao nível da frequência ou do aumento da capacidade de dissipação de energia com conjunto de proteção associado à estrutura.

Alguns dispositivos são citados neste trabalho, classificados como histeréticos, viscoelásticos, absorvedores dinâmicos de vibrações e o emprego dos considerados “materiais inteligentes”, todos eles, com objetivo de assegurar os edifícios sob as ações sísmicas, proporcionado a minimização no âmbito catastrófico decorrido dos terremotos (CONSTANTINO et al., 1998).

2 | DESENVOLVIMENTO

2.1 Sismos

A crosta terrestre é constituída por várias placas tectônicas que flutuam sobre o magma, estando livres para se movimentarem, sua disposição está representada na Figura 1. Quando ocorre o choque entre as placas em virtude de sua movimentação, ocorrem a formação dos sismos, sendo vibrações bruscas e passageiras que atingem a superfície terrestre. Estes fenômenos são geralmente gerados pela liberação da energia resultante do contato entre as placas, e propagam-se em todas as direções sob a forma de ondas sísmicas (SANTOS, 2021).

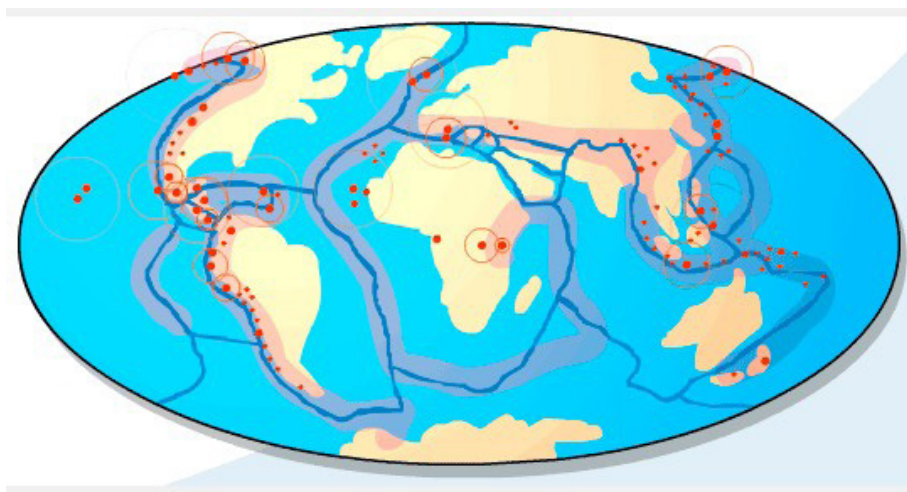


Figura 1 – Distribuição das placas tectônicas no planeta.

Fonte: <<https://atlascolar.ibge.gov.br/a-terra/formacao-dos-continentes>>, acesso: 18 de janeiro de 2022.

Existem sismos naturais e artificiais, dos quais os naturais são ocasionados pelos choques entre as placas ou falhas geológicas nas mesmas. Por outro lado, os sismos artificiais são causados por ações humanas, por exemplo, devido a explosões, testes

nucleares, ou em grandes impactos no solo, em perfurações a procura de petróleo e gás (BRANDÃO, 2021).

O local no interior da terra onde inicia a ruptura e conseqüentemente a liberação da energia armazenada é denominado hipocentro e sua projeção denomina-se epicentro. Soma-se a isso a distância entre o hipocentro à superfície terrestre e descrita como distância focal (ASSUMPCÃO; DIAS NETO, 2000).

Nos estudos de Rossato (2017) foram destacados que a maioria dos sismos ocorrem com maior frequência em regiões de elevada sismicidade, em virtude sobretudo da sua localização geográfica, em suma, situam-se em posições próximas ao encontro de placas tectônicas.

Peña (2012) descreve que o sismo possui três componentes ortogonais entre si, uma vertical e duas horizontais, para as quais as grandezas mais significativas são a duração, amplitude e conteúdo de frequência do evento.

2.1.1 Tipos de ondas sísmicas

Os sismos são considerados ondas mecânicas que chegam à superfície da terra a partir do hipocentro e classificam-se como ondas de corpo e superficiais. As ondas de corpo, ou denominadas volumétricas são divididas em primárias (P), onde se propagam de maneira longitudinal e ondas secundárias (S), propagando-se transversalmente, sendo as duas geradas no hipocentro. Entretanto as ondas superficiais são formadas pelas combinações das ondas de corpo quando atingem a superfície. Elas são divididas em dois tipos: Ondas Rayleigh (R) e Ondas Love (L). A Figura 2, refere-se aos estudos de Assumpção e Dias Neto (2000), apresentam as configurações dessas ondas, assim como referência do texto acima descrito.

Conforme Clough e Penzien (2003), os sismógrafos detectam primeiramente as ondas “P”, em virtude de serem mais velozes, e atuam na direção de propagação causando a compressão e expansão do material. Todavia, as ondas tipo “S” são cisalhantes, e seu movimento é perpendicular a direção da propagação. Dessa forma a passagem da onda transversal obriga os planos verticais do meio se movimentarem para baixo e para cima, ocasionando aos elementos adjacentes a variações de forma. Segundo Reis *et al.* (2012), as ondas Rayleigh e Love apresentam menores velocidades, entretanto possuem um elevado poder de destruição.

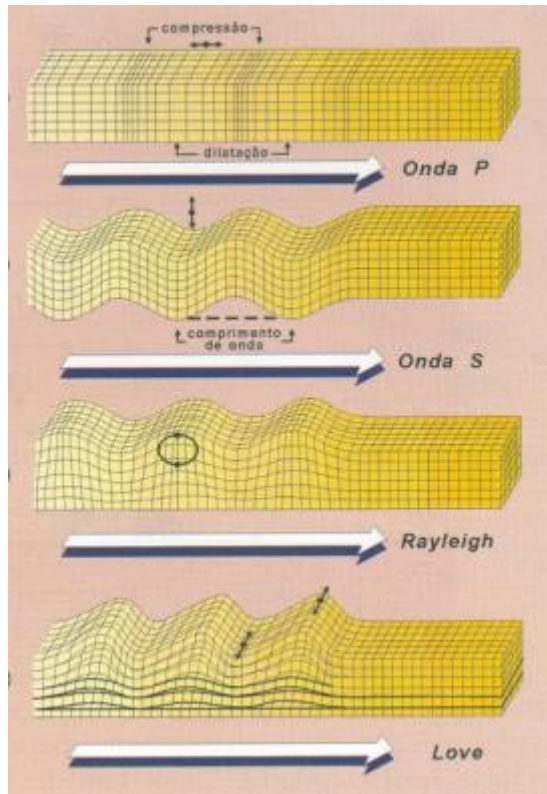


Figura 2 – Tipos de ondas sísmicas.

Fonte: ASSUMPÇÃO; DIAS NETO, 2000.

2.1.2 Magnitude e intensidade sísmica

A diferença entre magnitude e intensidade sísmica são conceituais, segundo Peña (2012), a magnitude sísmica é a medida da quantidade de energia liberada durante o sismo. Para Clough e Penzien (2003), a intensidade sísmica representa a percepção das pessoas em relação a vibração do solo e aos danos produzidos, ressalta-se ainda que a intensidade tende a diminuir com o distanciamento do epicentro.

2.2 Ação dinâmica dos sismos

A variação do carregamento ao longo do tempo caracteriza o carregamento dinâmico, seja em posição, direção ou magnitude. Os sismos se caracterizam como ações de natureza dinâmica transiente, em virtude de sua vibração em função do tempo, entretanto não são periódicos. A ação advinda dos sismos é considerada como uma excitação de suporte, em virtude ao movimento do solo é gerada uma aceleração na base das estruturas (BRANDÃO, 2021). A Figura 3, exemplifica a ação dos sismos sobre uma estrutura de um Grau de Liberdade (GDL), onde possui uma massa (m), duas molas idênticas de mesma rigidez, onde em paralelo resulta na rigidez total (k) e um amortecedor viscoso com constante de

amortecimento (c).

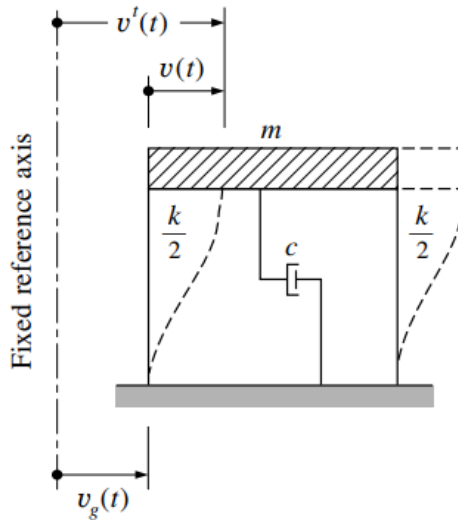


Figura 3 – Sistema de um Grau de liberdade submetido a aceleração na base em virtude sísmica.

Fonte: CLOUGH; PENZIEN, 2003.

Dessa forma, podemos constatar:

$$v'(t) = v(t) + v_g(t) \quad (1)$$

Onde:

$v'(t)$: Refere-se ao deslocamento total da estrutura;

$v(t)$: Refere-se ao deslocamento relativo do sistema;

$v_g(t)$: Refere-se ao deslocamento da base em virtude do sismo.

Sendo que a Equação 1, salienta o deslocamento total da estrutura tendo como referência a composição dos deslocamentos em função do sismo e o deslocamento relativo do sistema.

A partir da Equação 1, podemos descrever o deslocamento total da estrutura em termos das acelerações do sistema:

$$\ddot{v}'(t) = \ddot{v}(t) + \ddot{v}_g(t) \quad (2)$$

$\ddot{v}'(t)$: Refere-se à aceleração total da estrutura;

$\ddot{v}(t)$: Refere-se à aceleração relativa do sistema;

$\ddot{v}_g(t)$: Refere-se à aceleração da base em virtude do sismo.

A Equação 2 apresenta a composição das acelerações sobre a estrutura, sob

ocorrência de um sismo.

De acordo com Brandão (2021), para analisar as forças que agem no sistema, utiliza-se o princípio de equilíbrio das forças, sendo $f_1(t) = m \cdot \ddot{v}(t)$, representando a força de inércia do sistema, $f_A(t) = c \cdot \dot{v}(t)$, indicando a força de amortecimento do sistema e correspondente a força elástica, expressa-se a função $f_E(t) = k \cdot v(t)$, sendo que a força de inercial “ $f_1(t)$ ” considera o deslocamento total da estrutura, conseqüentemente a aceleração “ $\ddot{v}(t)$ ”, tendo como resultado:

$$f_1(t) + f_A(t) + f_E(t) = 0 \quad (3)$$

Determinada a Equação 3, pode-se obter a equação diferencial do movimento para o sistema com um Grau de Liberdade, submetido a aceleração de excitação na base, a qual ocasiona em uma força em relação a excitação.

$$m \cdot \ddot{v}(t) + c \cdot \dot{v}(t) + k \cdot v(t) = -m \cdot \ddot{v}_g(t) \quad (4)$$

Onde a Equação 4 representa a equação diferencial do movimento para o sistema com um Grau de Liberdade submetido a aceleração do sismo. Pode-se observar que a força sísmica é diretamente proporcional a massa.

Segundo Brandão (2021), para sistemas com Múltiplos Graus de Liberdade (MGDL), o equilíbrio dinâmico é feito para cada GDL, conseguindo representar a equação de movimento de um sistema na sua forma matricial:

$$\mathbf{M} \cdot \ddot{\mathbf{v}}(t) + \mathbf{C} \cdot \dot{\mathbf{v}}(t) + \mathbf{K} \cdot \mathbf{v}(t) = \mathbf{F}(t) \quad (5)$$

No qual a Equação 5 apresenta a equação diferencial do movimento de um sistema de Múltiplos Graus de Liberdade na sua forma matricial.

M= Representa a matriz de massa;

C= Representa a matriz de amortecimento;

K= Representa a matriz de rigidez;

$\ddot{\mathbf{v}}(t)$ = Representa o vetor aceleração;

$\dot{\mathbf{v}}(t)$ =Representa o vetor velocidade;

$\mathbf{v}(t)$ =Representa o vetor deslocamento;

$\mathbf{F}(t)$ =Representa o vetor das forças.

Com as EDO'S supracitadas, pode-se obter o deslocamento resultante no edifício, devido a ação dos sismos, desenvolvimento ao qual não será empregado nesse artigo, deixando como encaminhamento para estudos posteriores, a fim de neste texto apresentar o controle de vibrações e alguns dispositivos auxiliares de controle.

2.3 Sistemas de proteção sísmica - controle das vibrações

As evoluções das técnicas de estudo, dimensionamentos de estruturas e implementações com evoluções nas áreas de materiais e técnicas de construção, resultou em projetos de edificações de maiores dimensões e esbeltez, dessa forma, mais flexíveis. Como resultado, as edificações mais altas e esbeltas estão mais expostas à ocorrência de vibrações excessivas advindas de carregamentos dinâmicos (TREIN, 2003).

Buscando reduzir essas vibrações, o estudo do controle estrutural vem sendo abrangido. Ele tem como objetivo promover a alteração nas propriedades de rigidez e amortecimento das edificações, seja pela forma de adição de dispositivos externos ou pela ação de forças externas, podendo ser classificado como controle passivo, ativo, híbrido ou controle semiativo (AVILA, 2002).

Segundo Gómez (2017), os apregoados, mais simples dispositivos de controle, são os dispositivos de controle passivos, os quais são mais desfrutados na prática em virtude de serem simples para o projeto e execução. Esses são projetados para controlar estruturas que vibrem maioritariamente em um dado modo de vibração. Todavia eles possuem algumas desvantagens, sua principal consiste que se a estrutura for excitada fora da frequência de projeto, os dispositivos passivos perdem sua eficiência. Cabe ainda ressaltar, que se a estrutura for submetida a excitação fora da frequência de projeto, pode-se ainda amplificar a ação sobre a estrutura, piorando a situação a qual era planejada.

Em contrapartida os sistemas de controle ativos não sofrem com essa limitação dada pelo controle passivo, pois os ativos se adaptam as mudanças de parâmetros tanto da estrutura como de carregamento. Entretanto, esse modo de controle apresenta como principais desvantagens: Algoritmos de controle complexos e significativas quantidades de energia nos atuadores para ocorrer a geração das forças de controle.

A combinação entre os sistemas de controle passivos e ativos, geram os sistemas denominados híbridos, o qual apresenta a vantagem de uma diminuição nas forças produzidas pelos atuadores, e abrange uma maior cobertura de faixa de frequências das excitações.

O último ainda não citado, é o sistema de controle semiativos, nos quais não implementam energia ao sistema estrutural sob controle, entretanto suas propriedades podem ser modificadas, se bem controladas, diminuem a resposta do sistema com eficiência.

2.4 Sistemas passivos de controle de movimento

De acordo com os estudos de Constantinou et al. (1998) os sistemas de dissipação de energia e isolamento sísmico se classificam como sistemas de proteção contra terremotos, sendo sua função reduzir os efeitos causados por tais ações. Dessa forma podem ser denominados sistemas de controle de movimento.

Neste texto, serão abordados sucintamente os sistemas passivos de controle, que conforme Constantinou et al. (1998), são uma ampla variedade de materiais e tecnologias com finalidade de melhorar o amortecimento, rigidez e a resistência das estruturas. Conforme apresenta a Tabela 1, na qual de forma simplificada apresenta a classificação, princípios de operação, materiais, tecnologias, e as performances/objetivos dos sistemas passivos. Ressalta-se que o emprego dos sistemas passivos leva em consideração a frequência de projeto para sua real eficiência. Serão abordados os sistemas passivos em virtude de sua ampla abordagem, entretanto sabemos de sua limitação, a qual se não for atendida, deve-se optar por outro sistema de controle. No qual com o avanço das tecnologias e investimentos na área antissísmica, quando necessário, o controle passivo vem sendo substituído por outros tipos de sistemas de controle.

Classificação	Princípios de operação	Materiais e tecnologias	Performance/Objetivos
Dispositivos Histeréticos	Rendimento dos metais	Aço ou chumbo	Aumento da força de dissipação de energia
	Fricção	Contato metal-metal ou não-metal	
Dispositivos Viscoelásticos	Deformação de viscoelásticos sólidos	Polímeros viscoelásticos	Melhoria da rigidez da dissipação de energia
	Deformação de viscoelásticos fluidos	Fluido altamente viscoso	
	Orifício de fluido	Fluidos; projeto de orifício avançado e vedação de fluido	
Dispositivos de recentralização	Pressurização de fluido e orifício	Fluido compressível, vedação de alta pressão	Aumento da força de dissipação de energia, capacidade de recentralização
	Ação de mola de fricção	Contato metal-metal ou não-metal	
	Transformação de fase em metal	Liga com memória de forma, comportamento superelástico	
Absorvedores Dinâmicos de Vibrações	Oscilador de massa sintonizado	Amortecedor fluido-massa-mola	Aprimoramento do damping
	Oscilador de líquido sintonizado	Tanque de água Recipiente de líquido em forma de U	

Tabela 1 – Sistemas passivos

Fonte: CONSTANTINO et al., 1998. Tradução pelo autor.

Como sequência desse trabalho, serão expostos os principais dispositivos dos quais foram supracitados na Tabela 1.

2.4.1 Dispositivos Histeréticos

Por definição, os dispositivos histeréticos são mecanismos que dissipam energia independente da taxa de frequência do carregamento, do número de ciclos da carga e variação de temperatura, incluindo nesse grupo os *Metallic Dampers* e os *Friction Dampers* (CONSTANTINO et al., 1998).

2.4.1.1 Metallic Dampers

Segundo Falcão Silva *et al.* (2007), esse é um dos mecanismos mais eficazes disponíveis para dissipar a energia fornecida a uma estrutura devidamente planejada durante a ocorrência de uma determinada ação sísmica, por meio da deformação inelástica das substâncias metálicas. Em estruturas de aço tradicionais, o dimensionamento contra a ocorrência dos sismos fundamenta-se sobre a ductilidade procedente dos membros estruturais, de maneira a ocorrer o nível de dissipação necessária. Após o início dos estudos desses dispositivos, foram propostas diversas alterações, incluindo em formato de “X” e de forma triangular. Em relação aos materiais utilizados nestes equipamentos, ocorreram significativas evoluções, observando-se a utilização de chumbo e ligas de “memória de forma”. Estes dispositivos são empregados globalmente, como por exemplo no edifício do banco *Wells Fargo*, localizado nos Estados Unidos, na cidade de São Francisco, Califórnia. A Figura 4 exemplifica a aplicação dos *Metallic Dampers* em uma estrutura.

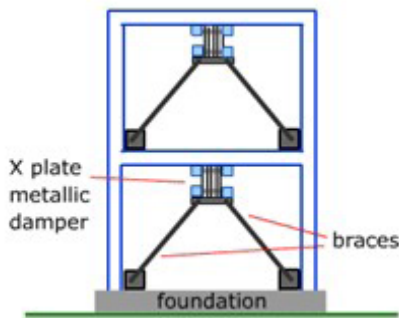


Figura 4 – Ilustração da aplicação dos *Metallic Dampers*, tipo “X” em uma estrutura.

Fonte: <http://www.ideers.bris.ac.uk/resistant/damping_metallic.html>, acesso: 24 de janeiro de 2022

2.4.1.2 Friction Dampers

Neste, a dissipação de energia advinda de um sismo é feita por meio de mecanismos de fricção, sendo que no funcionamento deste é considerado a fricção realizada entre dois corpos sólidos em relação ao movimento de escorregamento entre ambos. Baseado na analogia dos freios, iniciou-se o processo de desenvolvimento dos *Friction Dampers*,

com objetivo de melhorar a resposta sísmica das estruturas (FALCÃO SILVA et al., 2007). Segundo Soong e Dargush (1997), por exemplo foram integrados 32 dispositivos nas estruturas da Biblioteca McConnell na *Concordia University*, localizada no Canadá, em Montreal, conforme apresenta a Figura 5.

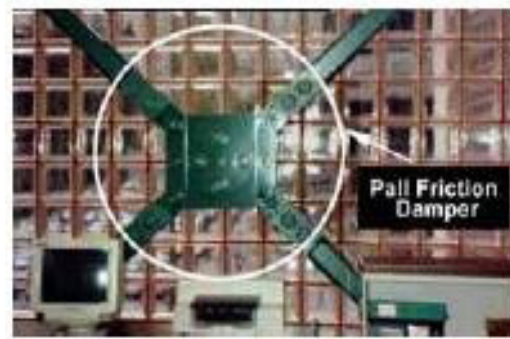


Figura 5 – *Friction Damper* utilizado nas estruturas da McConnell em Montreal.

Fonte: <https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/13_1955.pdf>, acesso: 28 janeiro de 2022.

2.4.2 Dispositivos viscoelásticos

Os dispositivos viscoelásticos comumente são constituídos com a utilização de materiais metálicos com polímeros ou fluido viscoso em seu meio, ocorrendo a dissipação de energia em função do deslocamento elástico do polímero e em virtude da velocidade de deformação (CONSTANTINO et al., 1998).

2.4.2.1 Viscoelastic Dampers

O uso dos *Viscoelastic Dampers* tem sido eficiente quando o alto amortecimento em baixa frequência é almejado, devido as propriedades desses materiais serem bastante complexas e podem variar com a frequência de excitação (SAMALI; KWOK, 1995). Os autores citados anteriormente ainda acrescentam que esse dispositivo pode atuar de duas maneiras: absorvendo ou dissipando energia, ou armazenando-a de maneira elástica.

Segundo Soong e Dargush (1997), o início da aplicação de materiais viscoelásticos para o controle de vibrações ocorreu por volta da década de 50, entretanto sua introdução na engenharia civil ocorreu em 1969, quando foram instalados cerca de 10.000 dispositivos em cada uma das torres gêmeas do *World Trade Center*, em Nova Iorque, devido a sua alta capacidade de absorção de energia. Cita-se também, o emprego desse mecanismo no *Columbia Center Building*, em Seattle, Washington.

2.4.2.2 Viscous Fluid Dampers

De acordo com Harris e Crede (1976), os *Viscous Fluid Dampers* já se encontram

bastantes generalizados, devido a determinados fluidos possuírem características adequadas para dispositivos de proteção passiva. Segundo Constantinou et al. (1998), neste caso a dissipação de energia ocorre em virtude da conversão da energia mecânica em calor à medida que um pistão deforma uma substância altamente viscosa. Este tipo de equipamento tem sido utilizado na engenharia civil de modo a minimizar as ações sísmicas e do vento. Um exemplo da aplicação desse dispositivo ocorreu no *The Arrowhead Regional Medical Center at Colton*, na Califórnia, em cinco edifícios desse complexo, com emprego de 186 dispositivos de capacidade unitária de 145 Toneladas Força, conforme demonstrado na Figura 6.



Figura 6 – Um dos Viscous Fluid Dampers utilizados nas estruturas no *The Arrowhead Regional Medical Center at Colton*, na Califórnia.

Fonte: <<http://taylordevices.eu/pdfs/seismic%20applications.pdf>>, acesso 25 de janeiro de 2022.

2.4.3 Absorvedores dinâmicos de vibrações

Segundo Martins (2019) esses equipamentos têm por finalidade em modificar as respostas das vibrações de uma estrutura oriundas de excitações, como por exemplo em virtude dos sismos. Dessa forma o dispositivo de controle tem como objetivo evitar vibrações excessivas na estrutura, por meio da sintonização adequada da massa auxiliar que vibra fora de fase com a estrutura primária, ocorrendo a transferência de energia para o dispositivo, reduzindo a resposta do sistema principal. Constantinou et al. (1998) cita dois dispositivos principais: *Tuned Mass Dampers* e os *Tuned Liquid Dampers*, as quais serão

descritos a seguir:

2.4.3.1 Tuned Mass Dampers

Também denominados pela sigla “TMD”, sua aplicação tem como objetivo reduzir a energia ao nível considerado dos elementos da estrutura primária quando solicitados a ação de forças externas, como das ações dos sismos. A maneira de funcionamento deste dispositivo consiste que a redução de energia é acompanhada pela transferência de parte das energias vibracionais ocorridas pelos sismos, serem transferidas para o próprio “TMD”. Sendo ele em sua forma mais comum, consiste em um sistema auxiliar massa-mola-amortecedor acoplado na estrutura principal (SOONG; DARGUSH, 1997). Soma-se a isso, a presença deste dispositivo faz com que a frequência natural da estrutura seja modificada, evitando a ressonância (ROSSATO, 2017). Em Taipei, Taiwan, no edifício denominado Taipei 101, uma estrutura de 101 pisos, utilizou-se o “TMD” em sua estrutura com a finalidade de alívio das ações de natureza dinâmica, responsável pelo controle de vibrações oriundas de terremotos de 7° de magnitude na escala Richter e ventos de até 450 km/h (OLIVEIRA, 2012). Dentre suas técnicas de marketing afirma-se que é um edifício resistente a tufões e terremotos. A Figura 7 apresenta uma esquematização da implementação do Tuned Mass Damper no edifício Taipei 101.



Figura 7 – Representação esquemática da aplicação do “TMD” no edifício Taipei 101, Taiwan.

Fonte: <https://www.researchgate.net/figure/Damper-in-Taipei-101-building_fig1_323577584>, acesso: 29 de janeiro de 2022.

2.4.3.2 Tuned Liquid Dampers

Neste dispositivo, denominados pela sigla “TLD”, um determinado tipo de líquido é utilizado a fim de fornecer as características necessárias ao sistema secundário, onde nos

Tuned Mass Dampers, era feito pela massa, além disso, comumente a água é utilizada como fluido neste tipo de dispositivo (TAMURA *et al*,1995). Suas primeiras aplicações ocorreram em edifícios localizados no Japão, entretanto os estudos desse tipo de equipamento aplicado em estruturas de engenharia civil iniciaram-se na década de 80 (SOONG; DARGUSH, 1997). Muitos pesquisadores destinaram-se à análise do funcionamento desse dispositivo, desde a utilização de recipientes retangulares completamente preenchido com dois líquidos imiscíveis, com intuito de que a resposta devido a excitação seja absorvida por meio do movimento da interface entre os fluidos (BAUER, 1984). Uma aplicação desse tipo de dispositivo para proteção e controle dos fenômenos causados pela natureza localiza-se no o *Shin Yokohama Prince Hotel* (SYPH), no Japão, onde teve em sua estrutura a implementação dos diversos “TLD” no ano de 1995 (TAMURA *et al.*, 1995). A Figura 8 descreve a implementação desse dispositivo no SYPH.

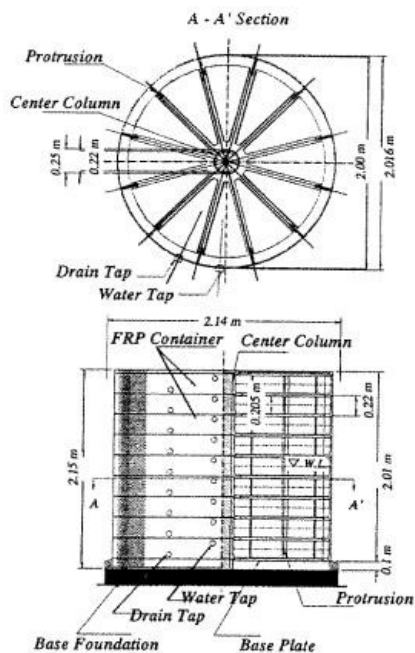


Figura 8 – Descrição dos “TLDs” instalados no edifício SYPH, Yokohama, Japão.

Fonte: TAMURA *et al.*, 1995.

2.5 Materiais inteligentes

De acordo com Soong e Dargush (1997), composto entre as tecnologias de controle passivas e ativas em estruturas, uma área em desenvolvimento aborda o uso de materiais inovadores, também denominados “inteligentes”, os quais fornecem um meio alternativo e com potencial atrativo de dissipação de energia em sistemas estruturais, neste artigo,

são brevemente descritos como membros potenciais de uma família de dispositivos de dissipação de energia. Segundo o livro *Passive Energy Dissipation Systems in Structural Engineering*, de Soong e Dargush (1997), os materiais mais relevantes que foram analisados como dispositivos de atuação são ligas com memória de forma, elementos piezoelétricos, fluidos eletro-reológicos e mais recentemente fluidos magneto-reológicos.

Todavia, as maiores pesquisas nesta área ocorrem em aplicações de estruturas aeroespaciais e sistemas mecânicos, embora tenha grande potencial de aplicação no controle do movimento de edificações contra cargas ambientais, todavia, permanentemente seja avaliada do ponto de vista de custos e viabilidade técnica.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que a ocorrência dos sismos é um fenômeno que quando natural é inevitável, as estruturas como edifícios localizados em zonas de alta sismicidade devem ser projetados levando em consideração as ações externas que estes poderão sofrer ao longo do tempo, ou até mesmo em edifícios já construídos, com a implementação de sistemas de proteção antissísmica visando a segurança estrutural e populacional deles. Soma-se a isso, com o avanço dos estudos e da tecnologia na área sísmica, a engenharia tem como responsabilidade implementar sistemas que minimizam os efeitos causados pelas ações sísmicas. Entretanto como podemos ver, essa visão protetiva devido a ocorrência deste fenômeno tem sido expandida pelo mundo, mas aplicada majoritariamente em países desenvolvidos, não abrangendo localidades que são vulneráveis à ação sísmica devido a sua localização, ocasionando rastros de destruição em países menos desenvolvidos como no Haiti.

O estudo do comportamento da ação dinâmica dos sismos é de essencial importância, devendo ser abrangida nos cursos de engenharia de uma maneira integral, como modo de proporcionar ao mercado engenheiros mais capacitados. Além disso, com a implantação de dispositivos auxiliares tem trazido boas respostas das estruturas quando submetidas as ações sísmicas, como exemplo disso, vemos o Japão, localidade onde ocorrem terremotos com maior frequência, entretanto os danos causados não são tão grandiosos como em países menos desenvolvidos. Por outro lado, a implementação de sistemas passivos tem as suas restrições em virtude da frequência de projeto, onde após estudos históricos sobre as ocorrências sísmicas pode-se optar por outro tipo de sistema.

Em suma, a evolução teórica e tecnológica de sistemas de proteção sísmica está em ascensão, proporcionando novos dispositivos auxiliares e técnicas de proteção estrutural, com a finalidade de reduzir os desastres causados pelos tremores de terra. Cabe ainda salientar, que mesmo abrangido por vários autores da literatura, o uso de amortecedores em decorrência dos efeitos sísmicos pode ser ineficiente para obter a resposta necessária da estrutura, tendo em vista que o uso inadequado de fatores de amortecimento poderá

amplificar consideravelmente a força transmitida da base para a estrutura.

AGRADECIMENTOS

O autor T.M. Claudino agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

ASSUMPÇÃO, M. S.; DIAS NETO, C. M. Sismicidade e estrutura interna da terra. In: **Decifrando a terra**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 43-62, 2000.

AVILA, S. M. **Controle híbrido para atenuação de vibrações em edifícios**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

BAUER, H.F. New proposed dynamic absorbers for excited structures. In: **Vibration Damping Workshop Proceedings**. ed. Lynn Rogers. p. DD1-DD27, Ohio, 1984.

BOLT, B. A. **Terremotos**. 1. ed. Barcelona: Reverté, 2003.

BRANDÃO, F. S. **Otimização de atenuadores dinâmicos sincronizados para o controle de vibrações em edifícios submetidos à excitação sísmica**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

CLOUGH, R. W.; PENZIEN, J. **Dynamics of Structures**. 3. ed. Berkeley: Computers & Structures, Inc., 2003.

CONSTANTINOU. M. C, SOONG, T. T., DARGUSH, G. F. **Passive Energy Dissipation Systems in Structural Engineering**, 1. ed. Nova Iorque: Research Foundation of the State University of New York, 1998.

FALCÃO SILVA, M. J.; COSTA, A. C., COELHO, E. Sistemas de protecção sísmica e sua aplicabilidade a Portugal. In: **7º Congresso de Sismologia e Engenharia Sísmica**, Porto: Livro de Atas de Conferência Nacional, 2007.

GÓMEZ, A. L. Z. **Controle de vibrações em edifícios submetidos à ação de cargas dinâmicas utilizando amortecedor de massa sintonizado na forma de pêndulo**. 2007. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

HARRIS, C. M., CREDE, C.E. **Shock and Vibration Handbook**, 2. ed. Nova Iorque: McGraw Hill, 1976.

MARTINS, J. F. **Estudo analítico-experimental de parâmetros ótimos para o controle passivo via absorvedor de vibrações do tipo coluna líquida sintonizada em estruturas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Integridade de Materiais de Engenharia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

OLIVEIRA, F. S. **Critérios de projeto para amortecedor tipo pêndulo para controle de vibrações em edifícios altos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

OS 10 terremotos mais potentes e com maior número de mortos da história da América Latina. **BBC NEWS BRASIL**, 24 set. 2017. Disponível em: < <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-41380495>>. Acesso em: 18 jan. de 2022.

PEÑA, L. A. P. **Análise dos efeitos provocados por abalos sísmicos em estruturas irregulares**. 2012. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

REIS, E. PRAVIA, Z. M. C. Avaliação sísmica de um edifício de múltiplos andares em aço. In: **Congresso Latinoamericano da Construção Metálica – CONSTRUMETAL 2012**, São Paulo: Associação Brasileira da Construção Metálica (ABCEM), 2012.

ROSSATO, L. V. **Otimização de amortecedores de massa sintonizados em estruturas submetidas a um processo estacionário**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

SAMALI, B., KWOK, K. C. S. Use of viscoelastic dampers in reducing wind - and earthquake-induced motion of building structures. In: **Engineering Structures**, v. 17, n. 9, p.639-654,1995.

SANTOS, B. V. **Análise de Estruturas Sujeitas a Ação de Sismos**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, Aracaju, 2021.

SOONG, T. T., DARGUSH, G. F. **Passive energy dissipation systems for structural design and retrofit**, 1. ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons,1997.

TAMURA, Y., OHTSUKI, T., WAKAHARA, T., KOHSAKA, R. Effectiveness of tunnel liquid damper under wind excitation. In: **Engineering Structures**, v. 17, n. 9, p.609- 621,1995.

TREIN, C. A. **Modelagem dinâmica equivalente de edifícios altos submetidos à ação do vento**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

C

Chuveiro elétrico 81, 82, 83, 86, 89, 91, 93, 95, 96

Cinemática inversa 50, 51, 52, 56, 61, 62

Controle 3, 7, 9, 11, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 51, 56, 64, 65, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 86, 87, 88, 89, 94

D

Deformação plástica 25, 29, 30, 31, 35, 37

E

Edifícios 64, 65, 66, 75, 77, 78, 79, 80

Educação 1, 2, 3, 9, 10, 80

Eficiência 12, 15, 71, 72, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 96

Engenharia Mecânica 1, 3, 10, 11, 15, 24, 36, 37, 49, 50, 64, 80, 98

Envelhecimento 24, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 37

Estruturas 26, 64, 65, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80

Exergia 81, 82, 83, 86, 87, 89, 90, 94, 95

L

Ligas de titânio 24, 25, 26, 30

M

Metrologia 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 96

Módulo de elasticidade 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36

N

Normas 22, 81, 85, 86, 95, 96

Normatização 84

R

Redes neurais artificiais 50, 51, 55, 56, 62

S





Sismos 64, 65, 66, 67, 68, 70, 73, 75, 76, 78, 80

V

Visão computacional 50, 51, 52, 54, 61, 62



A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica





-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

3

Atena
Editora
Ano 2023



A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

3

Atena
Editora
Ano 2023