

ESTUDO DO EFEITO DAS VIBRAÇÕES MECÂNICAS SOBRE O COMPORTAMENTO ANIMAL

Cathia Antunes⁽¹⁾, Esther Lopes Ricci⁽²⁾, Maria Martha Bernardi⁽³⁾, Fábio Raia⁽⁴⁾

⁽¹⁾Universidade Presbiteriana Mackenzie, Curso de Engenharia Mecânica, Rua da Consolação 930, São Paulo, cathiaantunes@yahoo.com.br

⁽²⁾Universidade Presbiteriana Mackenzie, Curso de Ciências Biológicas, Rua da Consolação 930, São Paulo, estherir@ig.com.br

⁽³⁾Universidade Presbiteriana Mackenzie, Curso de Ciências Biológicas, Rua da Consolação 930, São Paulo, bernarde@usp.br

⁽⁴⁾Universidade Presbiteriana Mackenzie, Curso de Engenharia Mecânica, Rua da Consolação 930, São Paulo, raia@mackenzie.com.br

Resumo: A vibração embora inevitável e algumas vezes necessária, pode causar danos à saúde das pessoas e principalmente do trabalhador, desencadeando perturbações neurológicas, musculares, vasculares e lesões ósteo – articulares e patologias na região lombar e lesões da coluna vertebral para o caso das vibrações transmitidas às extremidades e a todo o organismo. Esse trabalho visou a formação de um grupo interdisciplinar para estudar o comportamento animal quando, camundongos, submetidos a sessões programadas de vibração mecânica externaram seu comportamento objetivando-se assim avaliar os efeitos comportamentais da exposição prolongada de camundongos às vibrações onde, fêmeas foram submetidos à vibração em aparelho especialmente construído e, após o período de exposição foram testadas quanto aos reflexos de geotaxia negativa, de endireitamento, subida em superfície e força muscular. Pode-se concluir que, em relação ao grupo controle, os animais submetidos às vibrações tiveram prejuízo nos reflexos ligados a avaliação espacial, na atividade geral, aumento da ansiedade e perda de peso.

Palavras-chave: *Vibrações mecânicas, Comportamento animal, Interdisciplinaridade.*

Introdução

O estudo e a análise em mecânica vibratória, apesar de possuir um extenso fundamento teórico (GROEHS, 1999), tem a excelência de ser uma ciência experimental abrangendo vários campos que vão desde a análise modal, passando pela manutenção na análise de máquinas até estudos de integridade estrutural (RAIA, 2005). A vibração é o estudo do movimento de objetos em relação a um sistema de referência em um determinado intervalo de tempo a partir de uma posição de repouso (INMAN, 1996). Um sistema vibratório poderá ter uma componente que armazena energia potencial e libera como energia cinética na forma de movimento do objeto. Ela pode ainda ocorrer em muitas direções e resultar na interação de muitos objetos. Por esses fatos, a vibração, em alguns casos, principalmente nas atividades laboriais tornou-se indesejável a tal ponto de se estabelecer parâmetros para salva guardar as pessoas expostas a níveis não adequados. Nesse sentido a NR-15 (Norma Regulamentadora) anexo 8 do Ministério do Trabalho e Emprego, estabelece para trabalhadores sem proteção, procedimentos operacionais de segurança, através das normas ISO 5349 (ISO,2001) (International Organization for Standardization) (limite para vibrações localizadas) e ISO 2631(ISO,1997) (limite para

corpo inteiro) (KAMEI, 2002). Os casos mais comuns de patologias, devido a exposição contínua às vibrações, são segmentais, ou seja, localizadas nas extremidades do corpo. A regulamentação vigente entende que a vibração pode ser definida como: “o termo “vibrações” compreende toda vibração transmitida ao organismo humano por estruturas sólidas e que seja nociva à saúde, ou contenha qualquer outro tipo de perigo.” (BR ASIL, 1986).

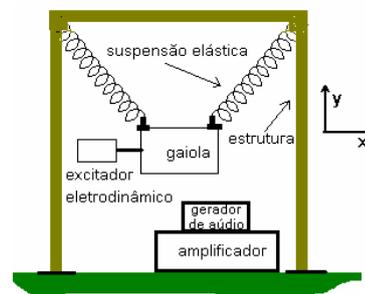


Figura 1. Diagrama esquemático do dispositivo de testes.

A ACGIH (Industrial Hygiene, Environmental, Occupational Health) faz referências a limites admissíveis para tempo de exposição a vibrações localizadas podendo ser utilizadas como critério de avaliação, mesmo porque a ISO 5349 não exprime um limite, mas probabilidades de ocorrência de

determinadas lesões. Isso pode ser visto em SILVA e MENDES (2005) quando um trabalho experimental estabeleceu, subjetivamente, uma correlação entre a exposição de motoristas de ônibus a vibrações e ruídos acima daqueles estabelecidos em norma com a diminuição da capacidade auditiva.

A literatura tem mostrado que o estabelecimento de limites e ponderações depende da observação e estudos de caso. O nosso trabalho baseou-se em observações realizadas sobre camundongos fêmeas Swiss que, após terem sido expostos a vibrações mecânicas, transversais segundo um único eixo de excitação, controladas, passaram por uma batelada de testes onde foi verificado o comportamento devido às vibrações. As experiências contaram com a colaboração conjunta de alunos da Faculdade de Biociências e da Escola de Engenharia, especificamente, do curso de Engenharia Mecânica. Essa combinação não comum, interdisciplinar e em prol do interesse científico, gerou não só um trabalho mas criou, entre os participantes, uma postura de respeito mútua, humana e ética dentro do ambiente acadêmico que, na realidade, é a extensão para a vida profissional. No passado as avaliações de vibração no corpo humano eram pouco realizadas, mas com as recentes mudanças nas leis (BRASIL, 1977), a necessidade de medição da vibração nos trabalhadores vem aumentando, devido a sua importância, pois este efeito direto sobre o corpo humano poderá ocasionar diversos males que podem ser extremamente graves, afetando a saúde em geral do trabalhador. Recentemente o Ministério da Previdência e Assistência Social, através das Instruções Normativas 99 e 100 de 2003 (BRASIL, 2003), vem exigindo das empresas Laudo Técnico Das Condições Ambientais Do Trabalho (LTCAT) nas atividades onde pode ocorrer exposição a vibrações elevadas. A obediência às normas e à legislação vigente, previne o trabalhador contra excessos da profissão e estabelece procedimentos a serem tomados tanto pelos agentes de Segurança do trabalho como os projetistas de máquinas ou equipamentos. A contribuição social que está presente no trabalho é uma possível correlação comportamental que pode ser associado ao ser humano quando exposto a solicitações vibracionais.

Materiais e Métodos

As experiências foram realizadas utilizando-se equipamentos desenvolvidos especificamente para análise de vibrações mecânicas e têm calibração referenciada a equipamentos comerciais. Os testes foram realizados no laboratório de comportamento animal sob a

supervisão de técnicos da Faculdade de Biociências e Escola de Engenharia. Os dispositivos estruturais tais como, gaiola, estrutura de suporte e molas elásticas foram adaptados para tal finalidade. O conjunto formado pelos itens: gaiola, cobaia, molas, água e maravalha possuía frequência natural distante daquela que foi aplicada na gaiola (figura 1). A gaiola ficou suspensa, pela estrutura e pelos elásticos para não sofrer interferência de frequências externas, principalmente aquelas oriundas do piso que são geradas de forma aleatória por processos desconhecidos e também para evitar a contribuição, via estrutura de alvenaria, do shaker.

O sistema foi concebido para operar em malha aberta sendo que, apenas a frequência de excitação foi monitorada. A amplitude da vibração não foi medida e manteve-se inferior a 1,0 mm. A frequência de excitação foi escolhida baseando-se em valores estipulados pela norma ISO 2631, sendo 20,0 a 30,0 Hz a frequência natural para cabeça e olhos.

Os equipamentos e dispositivos utilizados foram os seguintes:

- Gerador de áudio: aparelho capaz de sintonizar frequências necessárias para a experimentação, bem como controle da amplitude de vibração.
- Amplificador: aparelho capaz de amplificar o sinal do gerador de áudio para ser aplicado ao shaker.
- Shaker (excitador eletrodinâmico) pode ser visto na figura 2 e consiste de um transdutor eletrodinâmico capaz de transferir energia ao sistema sob teste (gaiola).



Figura 2. excitador eletrodinâmico (shaker).

- Estrutura: suporte mecânico para a gaiola e sistema de amortecimento (molas) vide figura 3;



Figura 3. Estrutura em madeira para suporte da gaiola.

- Gaiola de polipropileno e tampa de aço cromado: dispositivo adaptado para acondicionar

os animais durante os testes de vibração, vide figura 4;



Figura 4. Aspecto da gaiola e da respectiva tampa onde foram realizados os testes de vibração.

A figura 5 mostra a gaiola já suportada pelo sistema de amortecimento e com os animais dentro dela. Observa-se na lateral esquerda o *stinger* (haste de metal que liga a estrutura ao *shaker*) já conectado à gaiola. O posicionamento da gaiola foi de tal forma que a reação de apoio entre o shaker e ela foi o menor possível. A direção da excitação foi somente na direção do eixo z. A aceleração foi estimada analiticamente mediante os parâmetros de rigidez da mola e massa do sistema.



Figura 5. Gaiola com os animais e sistema de suporte e excitação.

Utilizou-se animais do biotério da Faculdade de Biociências, que foram postos a vibrar em ciclos de doze horas por dia durante dez dias, fim do qual foram avaliados os parâmetros reflexológicos e comportamentais perante a um grupo de controle.

O experimento utilizou dez animais, camundongos fêmeas, sendo cinco de controle e cinco para o experimento. Foram separados em grupos de 5 por gaiola. Sendo que, uma gaiola para o grupo de controle e outra (adaptada) para o experimento. Os animais foram identificados através de "anéis" pintados nos rabos.

Os animais, grupo de controle e experimento, foram pesados antes de cada seção de testes e, esse procedimento, foi repetido todos os dias enquanto durou o experimento.

Os animais foram colocados na gaiola forrada com maravalha para a formação da cama visando o conforto próprio e absorção da umidade das excretas. A alimentação foi realizada por ração (pélete) e a água fornecida *ad libitum* aos animais durante todo procedimento experimental.

Foram realizados os seguintes testes: Geotaxia negativa; teste de reflexo de endireitamento; teste de força muscular e teste de reflexo de subir em superfície. No teste de Geotaxia negativa, o animal foi colocado sobre uma superfície inclinada a um ângulo de 30° a 5,0 cm do limite inferior dessa superfície com a cabeça voltada para baixo. O critério para a avaliação do evento foi a latência para o qual o animal virará seu corpo na direção oposta a que foi colocado, num ângulo de 90°. Este reflexo foi avaliado diariamente. O teste de reflexo de endireitamento o animal foi colocado em uma superfície plana, horizontal, em decúbito dorsal e observado durante no máximo 60 segundos. O parâmetro foi considerado positivo quando o animal saía desta posição, colocando suas quatro patas na superfície. Este parâmetro foi observado diariamente. No teste de força muscular, o animal foi colocado pendurado em uma barra acima da superfície e tomou-se o tempo em que o animal permanecia na posição. E no teste de reflexo de subir em superfície, o animal foi colocado na base do plano inclinado e verificou-se a latência de subida.

Resultados

O controle de comida diário no fim do prazo dos testes indicou que o grupo de testes consumiu mais alimentação que o grupo de controle. Porém, percebeu-se que devido à excitação na gaiola parte da ração, devido ao atrito, perdeu-se e não pode ser computada. Iniciaram-se os testes com 300,0g de ração para ambos os grupos que ao final dos testes mostraram que: no grupo de testes restaram 36,8g e para o grupo de controle 52,5g.

A análise da quantidade de ração consumida indicou, na média, que o grupo de testes teve perda de massa corpórea enquanto que o grupo de controle, na média, teve ganho de massa corpórea. Essa indicação mostra que houve perda de ração que não foi computada.

Com relação ao teste de geotaxia, o grupo de controle mostrou-se mais ativo e, na média os animais responderam mais rapidamente. Por outro lado, alguns animais do grupo de testes mostraram-se pouco afetados e, outros indicaram um tempo de resposta diferente desde o início dos testes. A tabela 1 mostra, para a fêmea anel 1, como foi o seu comportamento nesse tipo de teste.

Tabela 1. Resultados comparativos para teste de geotaxia

Fêmea 1 anel	EXPERIMENTO Latência de geotaxia negativa	CONTROLE Latência de geotaxia negativa
1° Dia	4"	1"
2° Dia	36"	16"
3° Dia	11"	16"

4° Dia	1'03"	8"
5° Dia	13"	5"
6° Dia	1'52"	5"
7° Dia	10"	4"
8° Dia	1'18"	1'59"
9° Dia	1'46"	3'51"
10° Dia	39"	12"

O teste de endireitamento indicou que a destreza permaneceu inalterada para os dois grupos. Isso pode ser visto na tabela 2.

Tabela 2. Teste de endireitamento. Comparação entre os dois grupos.

Fêmea Anel 1	EXPERIMENTO Latência de reflexo de endireitamento	CONTROLE Latência de reflexo de endireitamento
1° Dia	0"	0"
2° Dia	0"	0"
3° Dia	0"	0"
4° Dia	0"	0"
5° Dia	0"	0"
6° Dia	0"	0"
7° Dia	0"	0"
8° Dia	0"	0"
9° Dia	0"	0"
10° Dia	0"	0"

O teste de força muscular mostrou que os animais se acostumaram com o teste e contribuíram, indicando que o grupo de controle permanecesse, na média, mais tempo segurando a barra.

O teste de subida para a fêmea anel 1, grupo experimento, mostrou uma destreza maior, na média, que ao grupo de controle. Para os outros animais os resultados seguiram a mesma tendência.

Conclusão

Podemos considerar os resultados apresentados como preliminares e não decisivos quando se trata do comportamento animal. Sabemos porém, que efeitos à saúde produzidos por exposições de corpo inteiro tem sido investigadas sobretudo em estudos experimentais, onde os efeitos tem sido a mudança de comportamento relativo. Obtivemos uma visão inicial dos efeitos da vibração sobre o animal. Observamos que a falta de apetite e a diminuição dos reflexos foram ponderantes, que nos leva a abordar o tema tentando correlacionar com o trabalhador exposto a vibrações. Os resultados indicaram que em relação ao grupo controle, nos animais do grupo submetido à vibração houve prejuízo em reflexos ligados a avaliação espacial,

geotaxia, aumento na ansiedade na atividade geral dos animais e prejuízo motor e subida em rampa. Não temos informação, pelos testes realizados, que os efeitos sejam cumulativos e também não temos informações suficientes para estender para o comportamento humano. Perante às aberturas produzidas pelo trabalho, o grupo interdisciplinar já está montando novas experiências para poder responder algumas perguntas que não foram respondidas durante estes testes.

Referências

GROEHS, A.G. **Mecânica Vibratória** 2ª ed, São Leopoldo: UNISINOS, 2001.

INMAN, D, J. **Engineering Vibration**, New Jersey: Prentice Hall, 1996.

RAIA, F.; MELLO, G. A. Desenvolvimento de um laboratório didático profissional de baixo custo para práticas de análise vibratória, In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 9, 2005, Campina Grande, **Anais**. Paraíba: UFPB, 2005.

BRASIL. Convenção nº 148 sobre a Proteção dos Trabalhadores Contra os Riscos Profissionais Devidos à Contaminação do Ar, ao Ruído e às Vibrações no Local de Trabalho. Decreto nº 93.413, de 15 de outubro de 1986.

_____. Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho, LEI Nº 6.514, D.O.U de 23 de dezembro de 1977.

_____. Estabelece critérios a serem adotados pelas áreas de Benefícios e da Receita Previdenciária, instrução normativa INSS nº 99, art. 174. D.O.U de 10 de dezembro de 2003.

ISO 2631-1. Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements, edição revisada, Geneva, Switzerland, 1997.

ISO 5349-1:2001. Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 1: General requirements, edição revisada, Geneva, Switzerland, 2001.

SILVA, L. F.; MENDES, R. Exposição combinada entre ruído e vibração e seus efeitos sobre a audição de trabalhadores. **Revista Saúde Pública**, Jan 2005, vol.39, no.1, p.9-17.