

ESTUDO DE PARÂMETROS QUE AFETAM OS NÍVEIS DE ACELERAÇÃO PARA CONFORTO HUMANO

Matheus de Brito Pereira e Maria Lúcia Machado Duarte

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Mecânica.

Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, Belo Horizonte/MG, Brasil, CEP: 31270-901.

Fax: (0xx31) 3443-3783

e-mail: mlduarte@dedalus.lcc.ufmg.br

e-mail: matheusbp@yahoo.com.br

Resumo: *Vibrações no corpo humano não devem ser tomadas como mais uma fonte de estresse do dia-a-dia. Quando se estuda o nível de vibrações no corpo humano, são vários os parâmetros que devem ser observados. Dentre estes parâmetros pode-se salientar a influência da idade e do índice de massa corpórea (IMC) nos níveis de aceleração obtidos. Existem normas internacionais que tratam sobre o assunto conforto humano aos níveis de vibração de corpo inteiro, porém estes níveis são obtidos considerando-se os vários parâmetros de uma forma global. Pretende-se com o estudo aqui apresentado e outros complementares, tentar estabelecer a influência de cada parâmetro no nível total de aceleração obtido para diferentes escalas de conforto. A metodologia utilizada tem sido a mesma empregada em trabalhos similares realizados por outros pesquisadores do Grupo de Acústica e Vibração da UFMG, no intuito de se quantificar a importância de cada um dos parâmetros estudados. Os resultados obtidos foram comparados estatisticamente através dos testes não paramétricos de Mann-Whitney para dois grupos distintos representando os extremos de cada situação. O intuito foi observar se o parâmetro avaliado realmente representava uma variável de interesse no nível global. As conclusões obtidas chegaram, em certos casos, a ser até contrárias àquelas que seriam esperadas subjetivamente.*

Palavras chaves: *Conforto, Vibração, Níveis de Aceleração, Índice de Massa Corpórea, Idade.*

1. INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados aos efeitos de vibração têm recebido grande importância nos últimos anos. Isto ocorre devido ao surgimento de novas tecnologias construtivas e emprego de novos materiais, o que torna as construções mais esbeltas e mais susceptíveis aos problemas de vibração (Misael, 2001). Vale ressaltar, também, o aumento no rigor dos padrões sanitários visando um melhor bem-estar das pessoas.

Existem normas internacionais que tratam sobre o assunto conforto humano aos níveis de vibração de corpo inteiro, porém estes níveis são obtidos considerando-se os vários parâmetros de uma forma global (ISO2631/2, 1989; Griffin, 1996). Grande parte dos estudos não leva em consideração de forma individualizada a influência dos diversos parâmetros que possam afetar as respostas das pessoas. Esses parâmetros podem ser: nível de ruído, idade, sexo, índice de massa corpórea (IMC), humor, etc. Klæboe e Turene (2002) citam a norma norueguesa, NS 8176, a qual adverte explicitamente que o desconforto proveniente de vibrações será maior e mais cuidado deverá ser dado, quando as pessoas são expostas a altos níveis de ruído juntamente com vibrações em suas residências. Em outros trabalhos, Misael et al (2002(a) e (b)) e Misael (2001) estudaram o efeito do parâmetro sexo nas respostas das pessoas e concluíram que as mulheres são mais sensíveis que os homens em geral. Isto pode ser justificado por fatores culturais que pregam exatamente isto. No entanto, ao se aplicar o teste não paramétrico de Mann-Whitney (Spiegel & Di Franco, 1997)

para comparar os resultados apresentados por homens e mulheres verificou-se que nenhuma diferença significativa foi encontrada entre as respostas dos mesmos nos valores de frequência estudados, exceto em 16 e 20 Hz, que apresentaram diferença de 5%. Este fato indica que ao parâmetro sexo não exerce grande influência na determinação do conforto humano aos limites de vibração.

O objetivo deste trabalho é investigar se os parâmetros Índice de Massa Corpórea (IMC) e Idade interferem nas respostas das pessoas. Estes parâmetros foram investigados tanto do ponto de vista dos limites de percepção aos níveis de vibração, quanto do ponto de vista dos limites de vibração máximos aceitáveis. Na literatura não foi encontrada nenhuma referência que verificasse a influência de tais variáveis nas respostas das pessoas.

Este artigo está organizado da seguinte forma. No item 2 é apresentada a metodologia usada no experimento contendo informações sobre a montagem experimental, o tamanho da mostra e o experimento. No item 3 estão presentes os resultados encontrados para os parâmetros estudados e também discussões sobre os mesmos. E finalmente no item 4, estão dispostas as conclusões obtidas com o presente estudo.

2. METODOLOGIA

2.1. Informações Gerais

Para se obter melhores resultados, um estudo sobre a relação entre o conforto humano e a vibração deve ser realizado, sempre que possível, em um ambiente que melhor se aproxime da situação real encontrada. Geralmente estes estudos são realizados em laboratório sob condições controladas, apesar do estudo em campo ser o mais indicado. Isto porque, muitas vezes os estudos *in loco* não são possíveis devido a problemas culturais (Misael, 2001). Isto aconteceu no estudo em questão, o que fez com que o mesmo fosse realizado sob condições laboratoriais. A principal vantagem disto foi a possibilidade de se obter um controle maior sobre as variáveis que possivelmente influenciariam nas respostas dos indivíduos quando expostos a energia vibratória. Para este trabalho, foram obtidas as características de amplitude de vibração para uma direção específica e frequências pré-estabelecidas.

2.2. Montagem Experimental

A montagem experimental utilizada neste trabalho foi a mesma usada por Misael (2001). A Figura (1) mostra uma vista desta montagem. A Figura (2) mostra o desenho esquemático do sistema de medição.



Figura 1. Montagem dos equipamentos

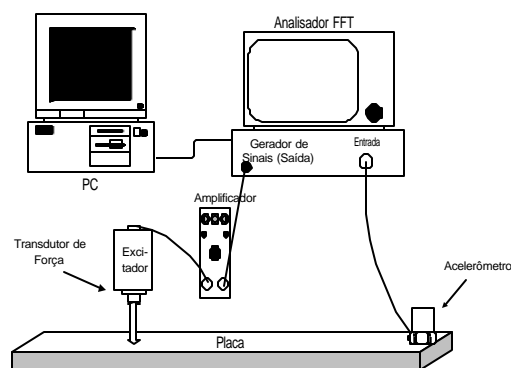


Figura 2. Desenho esquemático do sistema de medição

Utilizou-se uma cadeira de madeira com encosto, sendo que os pés da mesma eram feitos de material metálico. A cadeira foi colocada sobre uma placa metálica com borda dobrada com

dimensões 0,660 x 0,950 x 0,003 m. Esta placa por sua vez estava posicionada sobre quatro molas de compressão. As dimensões das molas eram: diâmetro externo (D) = 0,15 m; diâmetro do arame da mola (d) = 0,005 m e altura da mola (h) = 0,036 m. A posição da cadeira foi escolhida de modo que o centro de gravidade do conjunto (cadeira + pessoa) coincidissem com o centro geométrico da placa para que a excitação fosse máxima na direção vertical (eixo z), evitando-se assim problemas de movimentos rotacionais indesejados. O excitador foi posicionado no centro da placa.

Os sinais de vibração senoidais foram gerados e medidos por um analisador Hewlett-Packard, modelo HP35670A. Para a amplificação do sinal enviado ao excitador utilizou-se um amplificador de sinal B&K modelo 2706. O excitador utilizado foi um B&K, modelo 4809, cuja força máxima é 45 N. O sinal da vibração foi medido por um acelerômetro uniaxial, modelo 353B34 da PCB, cuja sensibilidade é de 96,0 mV/g e frequência de ressonância de 30 kHz.

2.3. Informações Sobre a Amostra

Na maioria dos trabalhos pesquisados que relacionam conforto humano com vibração, os voluntários foram obtidos dentro do universo acadêmico. Neste trabalho não foi diferente, sendo a maior parte da amostra obtida entre os indivíduos que freqüentam o Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais (DEMEC-UFMG). A maioria dos voluntários foi alunos e professores desse departamento. Foi tomado o cuidado para que esta amostra fosse representativa da população de estudo e fosse o mais casuística possível para se evitar respostas viciadas. Uma maneira encontrada por Fairley e Griffin (1988) para isto foi a contratação dos voluntários. Este procedimento não foi possível neste trabalho devido a pouca verba disponível para realização deste.

Os voluntários foram escolhidos após preencherem um questionário sobre suas condições gerais de saúde como recomendado por Griffin (1996). Os pesquisadores forneciam uma explicação sobre os testes e os participantes assinavam um termo de livre consentimento para participação nos mesmos. Vale ressaltar que este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, por se tratar de testes com pessoas.

Neste trabalho, foram avaliadas as respostas de quatro grupos de voluntários. Cada grupo era composto por 10 pessoas e levava em consideração um extremo do parâmetro que se pretendia verificar, i.e., o Índice de Massa Corpórea (IMC) e idade. Sendo assim, trabalhou-se com um grupo formado por pessoas magras, outro por pessoas obesas, outro por estudantes jovens e outro formado na maioria por professores com mais de 45 anos.

Como se sabe, o IMC é calculado dividindo-se a massa do voluntário pela sua altura elevada ao quadrado. Para se verificar a influência do IMC nas respostas dos participantes, foram comparadas as respostas do grupo de pessoas magras ($IMC < 21,5$) com as do grupo de pessoas obesas ($IMC > 27,7$). Pode-se dizer que uma pessoa com IMC igual a 25 apresenta excesso de peso. Para a variável idade foram comparadas as respostas do grupo de pessoas jovens (média de idade igual a 21,9 anos) com as respostas do grupo de professores (média de idade igual a 48 anos), com o objetivo de averiguar se a variável idade é um fator importante que influencia as respostas das pessoas.

Esse número de 10 voluntários para cada grupo foi determinado por Misael (2001), com uma amostra piloto quando foi feito o estudo do parâmetro sexo. Uma outra maneira de se determinar o tamanho de uma amostra é se tomar como base o número de indivíduos utilizados em trabalhos anteriores relacionados com a área estudada. Neste caso, a maioria dos trabalhos utilizava uma amostra com tamanho entre 08 e 40 pessoas.

2.4. Experimento

Este experimento visava determinar a influência dos parâmetros Índice de Massa Corpórea (IMC) e Idade nas respostas das pessoas levando-se em consideração os limites de percepção e os limites máximos aceitáveis de vibração em residências. Apesar de se saber que a vibração mais comum em residências é devido à frequência fundamental das lajes (que ocorre normalmente na faixa de 4 a 10 Hz), devido à limitação do excitador utilizado que só operava acima de 10 Hz,

apenas as frequências acima deste valor foram consideradas no estudo. Isto não inviabiliza o estudo uma vez que estas também podem estar presentes, apesar de não serem as frequências mais comuns. A comparação entre as respostas dos grupos referentes à variável em questão foi feita via análise estatística, usando-se para isto os teste não paramétricos de *Mann-Whitney* (Spiegel & Di Franco, 1997).

Os voluntários estavam sentados em uma postura confortável e ao mesmo tempo eretos. O ajuste da amplitude foi feito pelo próprio voluntário até que se atingisse o nível desejado. O método do ajuste foi utilizado neste caso, ou seja, os voluntários ajustavam um determinado nível de amplitude de vibração de forma a produzir uma sensação a ser comparada com uma condição de referência. Esta condição de referência era dada pelo menor nível de vibração que a pessoa conseguia sentir ou a máxima vibração aceitável para um ambiente residencial. Foram estudadas oito frequências pontuais referentes às frequências centrais para banda de 1/3 oitava (16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63 e 80 Hz) para a vibração senoidal na direção vertical (eixo z). Cada uma das respostas foi gravada e anotada pelos pesquisadores na ficha de ensaio de cada voluntário. A ordem de apresentação das frequências para os voluntários foi comandada pelos pesquisadores e era fornecida de forma aleatória. Os voluntários responderam aos estímulos de acordo com as seguintes situações:

- (a) O menor nível de vibração que a pessoa pode sentir;
- (b) O maior nível de vibração aceitável para um ambiente residencial.

É importante mencionar que nenhuma recomendação foi dada aos voluntários com relação ao tipo de roupa e sapato que deveria ser utilizado durante o experimento. Os pontos relevantes observados pelos pesquisadores foram anotados na ficha de ensaio de cada voluntário.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Informações Gerais

Como já foi dito anteriormente, nesse trabalho foram analisadas as influências do índice de massa corpórea e da idade dos voluntários. Quando se começou a trabalhar com o parâmetro idade, o objetivo inicial era ter dois grupos de voluntários altamente diferentes entre si, um grupo composto de jovens (estudantes do curso de graduação em Engenharia Mecânica) e outro grupo formado por voluntários de terceira idade, acima de 60 anos, distante inclusive do ambiente universitário. Porém, não foi possível conseguir a participação desses voluntários. Para que os objetivos iniciais do trabalho não fossem mudados, foi usado um grupo de voluntários composto na sua maioria por professores do Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG. Com relação à variável índice de massa corpórea, não foram encontrados problemas na obtenção de participantes.

Durante a realização dos experimentos, a temperatura no laboratório do GRAVI_{DEMEC-UFMG} (Grupo de Acústica e Vibrações) onde foram realizados os testes variou entre 22 °C e 30 °C. Devido à proximidade deste laboratório com a oficina do Departamento de Engenharia Mecânica, os níveis de ruído oscilaram na faixa de 50 dB (quando a oficina não estava funcionando) a 70 dB (quando a oficina estava em plena operação). O tempo médio de duração do experimento inteiro, considerando caso A (percepção) e caso B (aceitável), ficou em torno de 30 minutos, incluindo os testes e gravações dos resultados. Os voluntários foram submetidos às frequências de excitação de forma aleatória. Este fato permitiu que os voluntários não viciassem as suas respostas visto que não sabiam em quais frequências estariam sendo submetidos. Era permitida a movimentação dos voluntários durante a gravação dos resultados, porém todos eles permaneceram sentados no conjunto utilizado.

3.2. Resultados Experimentais

3.2.1 Para a variável IMC

As respostas obtidas para o experimento considerando IMC estão dispostas na Figura (3). Nesta figura são mostradas as respostas para os dois casos estudados neste experimento, a saber, o limite

de percepção das pessoas à vibração (caso A) e o máximo de vibração que as mesmas aceitariam em seu ambiente residencial (caso B).

Analisando-se os dados obtidos, pode-se observar que neste experimento os voluntários foram mais sensíveis nas frequências mais baixas. O nível de aceleração medido aumentava com o aumento da frequência (i.e., a sensibilidade diminuía) até atingir um pico entre 40 Hz e 50 Hz e depois voltava a cair em torno de 80Hz. Esta mesma situação foi observada por Misael (2001), Misael et al (2002(b)), quando se fez o estudo do parâmetro sexo nas respostas das pessoas.

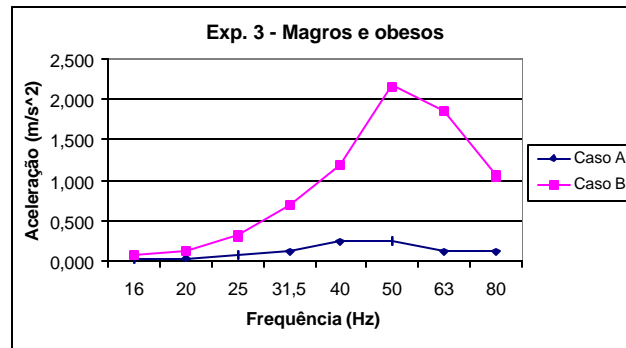


Figura 3. Resultados do experimento para a variável IMC (casos A e B)

Na Figura (4) são apresentadas as relações entre os dois casos deste experimento apresentados na figura anterior. Pode-se observar pelo gráfico que a relação B/A cresce com o aumento de frequência. Isto é explicado pelo fato dos voluntários ajustarem respostas maiores para o caso B nas altas frequências. Este fato foi também observado por Misael (2001), Misael et al (2002(b)), em estudos anteriores, quando se estudou a influência da variável sexo.

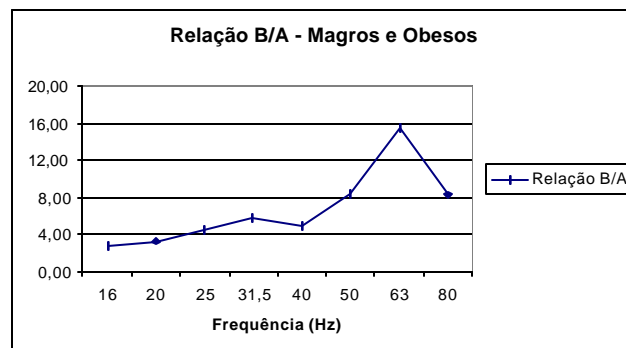


Figura 4. Relação entre as respostas do caso A e o caso B (IMC)

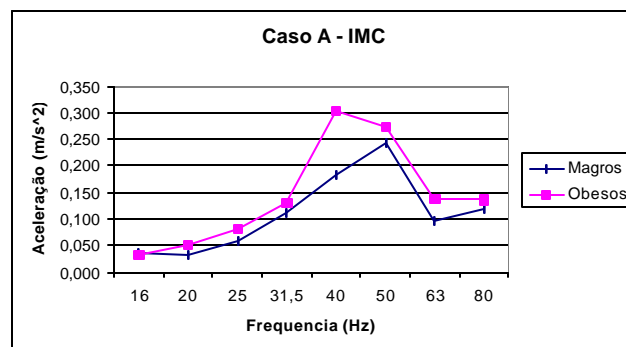


Figura 5. Comparação entre magros e obesos – Caso A

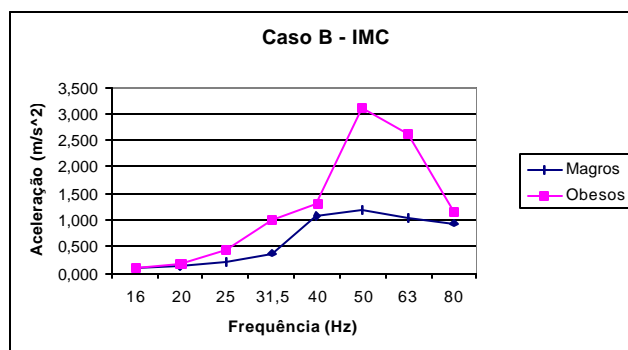


Figura 6. Comparação entre magros e obesos – Caso B

Nas Figuras (5) e (6) são apresentadas curvas de comparação entre as respostas dos magros e dos obesos para o caso A e o caso B, respectivamente.

Através de uma análise visual feita nestes gráficos pode-se perceber que os magros são mais sensíveis que os obesos e aceitam uma vibração no ambiente residencial com uma menor intensidade que os obesos. Isto pode ser explicado pelo fato do tecido adiposo exercer várias funções dentro do organismo, dentre elas: isolante térmico e proteção contra eventuais choques mecânicos que possam atingir o organismo (Paulino, 1995).

Porém, ao se fazer uma análise estatística dos resultados obtidos nos dois casos usando os testes não paramétricos de Mann-Whitney (Spiegel e Di Franco, 1997), pode-se verificar que somente na frequência de 20 Hz no caso A houve uma diferença significativa de 5% entre as respostas dos magros e obesos. Na Tabela (1) são apresentadas as comparações estatísticas entre os resultados médios obtidos para os gordos e magros neste experimento.

Tabela 1. Comparação estatística entre magros e obesos

| Frequências (Hz) | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 |
|------------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Caso A | --- | * | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Caso B | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

---_não houve diferenças significativas entre as respostas de magros e gordos.

*_5% de diferença ($Z_{\alpha/2} = 1,96$)

3.2.2 Para a variável Idade

As respostas obtidas para variável idade são apresentadas na Fig. (7) abaixo. Nesta figura são mostradas as respostas para os dois casos estudados neste experimento, como foi feito na apresentação dos resultados do experimento para IMC (Fig. 3).

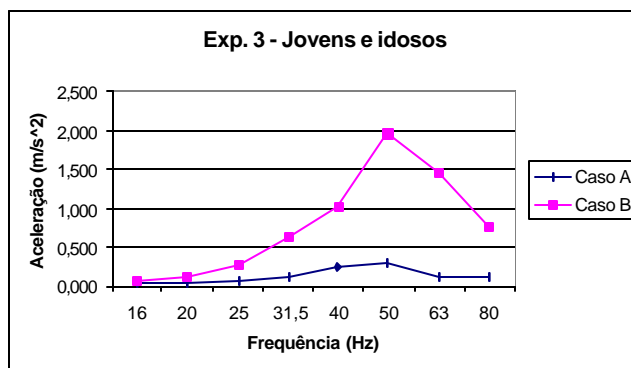


Figura 7. Resultados do experimento para a variável Idade (casos A e B)

Os voluntários foram mais sensíveis nas frequências mais baixas. O nível de aceleração registrado pelos voluntários subia com o aumento de frequência (i.e., a sensibilidade diminuía), chegando a atingir um máximo entre 40 Hz e 50 Hz, voltando a cair por volta de 80 Hz. Esse mesmo comportamento foi verificado na análise do parâmetro sexo e IMC, o que indica que independentemente da variável em estudo, as pessoas são mais sensíveis nas baixas frequências do que nas altas, o que está de acordo com os resultados de outros pesquisadores e normas (Parsons & Griffin, 1988; ISO 2631/2, 1989). Vale ressaltar que os experimentos foram realizados com as pessoas sentadas e que as respostas podem ser influenciadas pela postura, orientação e posição do copo quando se faz este tipo de estudo (Parsons & Griffin, 1988).

A Figura (8) apresenta a relação entre os dois casos deste experimento. Como dito anteriormente, a relação B/A cresce com o aumento da frequência, uma vez que os voluntários ajustam respostas maiores para o caso B nas altas frequências. O comportamento foi o mesmo apresentado na Fig. (4).

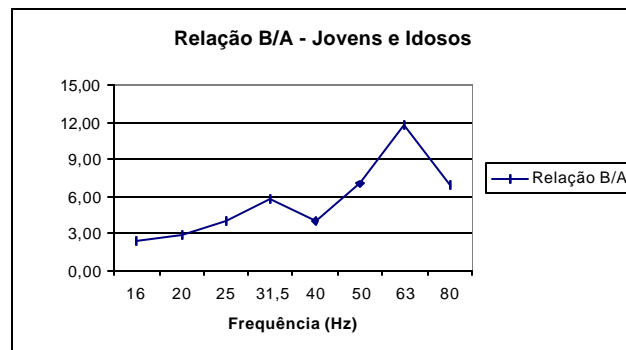


Figura 8. Relação entre as respostas do caso A e caso B (Idade)

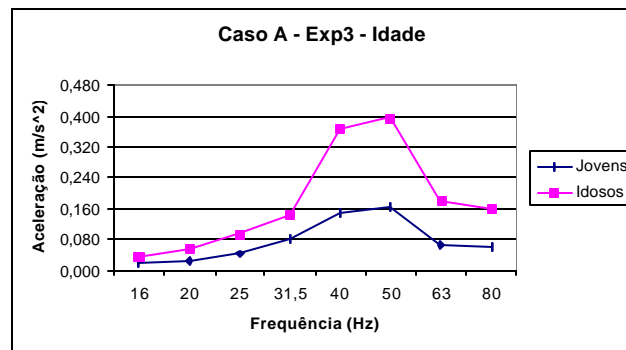


Figura 9. Comparação entre jovens e idosos – Caso A

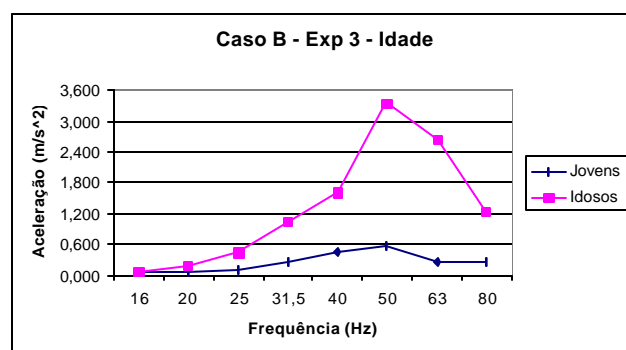


Figura 10. Comparação entre jovens e idosos – Caso B

Nas Figuras (9) e (10) são apresentadas curvas de comparação entre as respostas dos jovens e dos idosos para o caso A e o caso B, respectivamente. Através de uma análise qualitativa feita nestes gráficos pode-se perceber que os jovens são mais sensíveis que os velhos e aceitam uma vibração no ambiente residencial com uma menor intensidade que os idosos. Uma explicação para isto é que as pessoas mais velhas já viveram várias situações ao longo da vida, acostumando-se aos estímulos, e com o passar do tempo ocorre uma diminuição gradativa nos reflexos e até mesmo na sensibilidade das pessoas.

Ao se analisar estatisticamente os resultados encontrados (através dos testes não paramétricos de Mann-Whitney) verificou-se que na frequência de 50 Hz no caso A e nas frequências 16 Hz e 20 Hz no caso B não foram observadas diferenças significativas de 5% entre as respostas dos voluntários. Nas outras faixas de frequência as respostas foram diferentes. Na Tabela 2) são apresentadas as comparações estatísticas entre os resultados médios obtidos para os jovens e idosos neste experimento.

Tabela 2. Comparação estatística entre jovens e idosos

| Frequências (Hz) | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 |
|------------------|-----|-----|----|------|----|-----|----|----|
| Caso A | * | * | * | * | * | --- | * | * |
| Caso B | --- | --- | * | * | * | * | * | * |

---_não houve diferenças significativas entre as respostas de jovens e idosos.

*_5% de diferença ($Z_{\alpha/2} = 1,96$).

Quando se comparam os parâmetros IMC e Idade, pode-se verificar que o parâmetro Idade exerce maior influência nas respostas das pessoas. Isso é demonstrado verificando as tabelas de comparação estatística. Na variável IMC, somente na frequência de 20 Hz caso A foi encontrada diferença nas respostas, enquanto na variável Idade, em quase todas as frequências foram encontradas discrepâncias.

3.3. Verificação do Tamanho da Amostra

Como exposto anteriormente, na maioria dos artigos estudados, os pesquisadores usavam uma amostra composta entre 8 e 40 voluntários. Este trabalho foi desenvolvido usando uma amostra de 20 voluntários para cada parâmetro avaliado. A metodologia usada para verificação do tamanho é a mesma usada por Misael (2001) e está presente em Triola (1999) e outros livros de estatística. O tamanho da amostra usada foi adequado para o estudo do caso A e inadequado no estudo do caso B para ficar dentro de um erro de 5% com 95% de confiança. A razão disso foi a grande variabilidade das respostas nesta situação. Apesar disso, quando trabalhos similares foram usados como referências para o tamanho da amostra, a amostra apresentada aqui foi suficiente.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou a influência dos parâmetros índice de massa corpórea (IMC) e idade no limite de percepção e limite de conforto das pessoas quando expostas à energia vibratória presente em alguns tipos de construções, tais como aquelas que utilizam construções metálicas. Para isto, comparou as respostas dos grupos de voluntários com os extremos do parâmetro em estudo.

Como mencionado anteriormente, a metodologia experimental usada neste trabalho foi a mesma desenvolvida e usada por Misael (2001). Todos voluntários foram submetidos às mesmas frequências e os ajustes de amplitude de aceleração eram feitos pelos próprios voluntários, apesar da apresentação das frequências ter sido feita pelo pesquisador.

No estudo dos parâmetros IMC e Idade, os resultados apresentaram as mesmas tendências de curvas, a saber: a sensibilidade diminuía com o aumento da frequência até atingir um mínimo entre 40 Hz e 50 Hz e depois voltava a subir em torno de 80 Hz. Isto porque o nível de aceleração medido

é inversamente proporcional à sensibilidade medida. Este mesmo comportamento foi encontrado nos estudos anteriores desenvolvidos por Misael (2001). Este fato indica que independentemente do parâmetro em pesquisa, os voluntários ajustaram níveis de amplitude de aceleração menores para as frequências mais baixas, enquanto que para as frequências mais altas os níveis de amplitude de aceleração foram maiores.

A relação B/A subiu com o aumento de frequência no estudo dos dois parâmetros. Isto é explicado pelo fato dos voluntários ajustarem respostas maiores para o caso B nas altas frequências. Este mesmo comportamento foi também verificado por Misael (2001).

Quando se comparou a resposta obtida para magros e obesos não foi encontrada diferença significativa (de acordo com o teste não paramétrico de Mann-Whitney), mas pode-se notar que as médias dos resultados dos magros foram menores do que as médias dos obesos, tanto no caso A quanto no caso B. Isto se deve ao fato do tecido adiposo exercer funções dentro do organismo, dentre elas, isolante térmico e proteção contra eventuais choques mecânicos que atinjam o corpo.

Ao se comparar as respostas encontradas para jovens e idosos, diferenças significativas foram encontradas em quase todas as faixas de frequências (de acordo com o teste não paramétrico de Mann-Whitney). A explicação para isto é que as pessoas mais velhas já viveram várias situações ao longo da vida, acostumando-se com os estímulos, e com o passar do tempo ocorre uma diminuição gradativa nos reflexos e até mesmo na sensibilidade das pessoas. Outra conclusão que se pode tirar é que o parâmetro idade influencia mais fortemente as respostas das pessoas do que o IMC.

O tamanho da amostra usado se mostrou adequado para o estudo das variáveis no caso A, porém no caso B, o tamanho da amostra foi insuficiente devido à grande variabilidade das respostas. Essa grande diferença das respostas surge pelo fato do conceito de conforto, da forma como foi exposto, ser bastante subjetivo. Portanto para este caso, a metodologia precisa ser melhorada de modo a diminuir a subjetividade das respostas.

Apesar de não ter sido mostrado neste trabalho, um outro fator observado durante os experimentos que possui enorme peso nas respostas das pessoas é o fator rotina de vida. Um voluntário foi excluído por apresentar respostas mais altas do que o restante dos obesos uma vez que é caminhoneiro e passa horas no trânsito guiando o caminhão. Estudantes que vêm de ônibus também apresentaram respostas mais altas do que aqueles que costumam ir de carro para a universidade.

5. AGRADECIMENTOS

As agências de fomento CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa) e FAPEMIG (Fundação de Apoio à Pesquisa de Minas Gerais), pelo pagamento de bolsas e verba para os equipamentos.

6. REFERÊNCIAS

- Fairley, T. E. and Griffin, M. J., 1988, "Predicting the Discomfort Caused By Simultaneous Vertical and Fore-and-Aft Whole-body Vibration", *Journal of Sound and Vibration*, vol. 124 (1), pp. 141–156.
- Griffin, M. J., 1996, "Handbook of Human Vibration". London: Academic Press.
- ISO – International Organization for Standardization. ISO 2631/2, 1989, "Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration – Part 2: Continuous and Shock-induced Vibration in Buildings (1 to 80 Hz). First Edition. Geneva: International Organization for Standardization.
- Klaeboe, R. and Turunen-Rise, I. H., 2002, "Vibration in Dwellings from Road and Rail Traffic - Part II: Exposure-Effect Relationships Based on Ordinal Logit and Logistic Regression Models", *Applied Acoustics*, vol. 64 (2003), pp. 89–109.
- Misael, M. R., 2001, "Conforto Humano aos Níveis de Vibração", Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Misael, M. R., Duarte, M. L. M. e Freitas Filho, L.E.A., 2002(a), "Limites de Aceleração para uma Escala de Conforto Residencial", XXX Jornadas Sul-Americanas de Eng. Estrutural, CD.

- Misael, M. R., Duarte, M. L. M. e Freitas Filho, L.E.A., 2002(b), “Uma Metodologia para Determinação da Relação entre o Limiar de Percepção e o Limiar de Conforto aos níveis de Vibração”, CONEM 2002, Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, CD.
- Parsons, K. C. and Griffin, M.J., 1988, “Whole-Body Vibration Perception Thresholds”, Journal of Sound and Vibration, vol. 121, pp. 237-258.
- Paulino, W. R., 1995, “Biologia Atual”. Volume 1. Décima-Terceira Edição. São Paulo. Editora Ática.
- Spiegel, M. R. And Di Franco, D., 1997, “Schaum’s Outline of Theory and Problems of Statistics”, Ed. Mc Graw-Hill, Inc. and Math Soft, Inc.
- Triola, M. F., 1999, “Introdução à Estatística”, Sétima Edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.

STUDY OF PARAMETERS AFFECTING THE LEVELS OF ACCELERATION FOR HUMAN COMFORT

Matheus de Brito Pereira e Maria Lúcia Machado Duarte

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Mecânica.

Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, Belo Horizonte/MG, Brasil, CEP: 31270-901.

Fax: (0xx31) 3443-3783

e-mail: mlduarte@dedalus.lcc.ufmg.br

Abstract. Human Body Vibration should not be taken as an extra source of every-day stress. When studying human body vibration levels, there are several variables that should be taken into account. Among such variables, one may mention the influence of age and corporeal mass index (CMI) on the levels of accelerations obtained. There are several international standards dealing with the subject human comfort to whole body vibration, however, such levels are obtained considering the variables in a global manner. The aim of the research presented here and further ones is to try to establish the influence of each variable in the total acceleration level obtained for each comfort scale. The methodology used is the same employed during similar works by other group researches, with the aim to quantify the importance of each of the variables studied. The obtained results are compared using the non-parametric tests of Mann-Whitney for two distinct groups representing the extremes of each situation studied. The objective is to observe if the considered variable really represents an important variable on the global acceleration level. The conclusions obtained are, for some cases, even opposite to those expected subjectively.

Keywords. *Comfort, Vibration, Acceleration Levels, Corporeal Mass Index (CMI), Age.*