

## ATENUAÇÃO DE RUÍDO ESTRUTURAL – ESTUDO DE CASO

Alecssander Dezso Cavalcante (UTFPR) adal@bol.com.br  
Carlos Augusto Sperandio (UTFPR) casperandio@uol.com.br  
Helio Haruo Maeda (UTFPR) hhmaeda@gmail.com  
Adalberto Matoski (UTFPR) Adalberto@utfpr.edu.br

### Resumo:

Os ruídos de impactos se propagam através da vibração decorrentes da rigidez dos vínculos entre os elementos estruturais. O ruído de impacto produzido pela queda de objetos e o caminhar de pessoas causam desconforto aos habitantes das edificações e esse é um dos desafios para a indústria da construção civil. Diversos métodos foram desenvolvidos para amenizar os efeitos do ruído estrutural, dentre os quais, a técnica do piso flutuante. Dessa forma este estudo tem por objetivo investigar o uso do piso flutuante na atenuação do ruído estrutural. Foi adotado como método o estudo de caso com a aplicação de piso flutuante em laje de construção habitacional na cidade de Curitiba, Brasil. Foram realizados ensaios utilizando as normas brasileiras ABNT NBR 10.151 e NBR 10.152. Obteve-se como resultado uma atenuação de 18,0 dB(A), o que pode ser considerado adequado ao objetivo de atenuação sonora em edificações destinadas a habitação.

**Palavras chave:** Ruídos, estrutura, edifício.

### Structural noise attenuation - case study

#### Abstract

The noise impacts propagate through the vibration resulting from the rigidity of the bonds between the structural elements. The impact noise produced by falling objects and moving people cause discomfort to the inhabitants of the buildings and this is one of the challenges for the construction industry. Several methods have been developed to mitigate the effects of structural noise, among which, the technique of flooring. Thus this study aims to investigate the use of floating floor in the attenuation of structural noise. It was adopted as the case study method with the application of floating floor slab construction housing in the city of Curitiba, Brazil. Tests were conducted using the standards in Brazil ABNT NBR 10151 and NBR 10152. Was obtained as a result of an attenuation of 18.0 dB (A), which can be considered adequate for the purposes of noise attenuation in buildings intended for housing.

**Key-words:** Noise, Structure, buildings

### 1. Introdução

A audição é o primeiro sentido de alerta do ser humano e dos animais superiores. Ao ouvir um som inesperado, qualquer animal (incluindo o homem), coloca-se em estado de alerta, pronto para a reação de defesa, caso esta se torne necessária. Por se tratar de tão importante instrumento de defesa, a audição está permanentemente ativa, mesmo durante o sono. Se um ruído perdura continuamente, é mantido o estado de alerta, determinado pelos instintos, causando sensação de desconforto. (MURGEL, 2007).

Por sua vez o conforto acústico analisado por qualquer prisma e sob qualquer ponto de vista sugere a sensação de bem estar. (PEDROSO, 2007) Portanto, conforto acústico é a convivência com emissões sonoras que são ou que podem tornar-se desagradáveis.

O aumento vertiginoso da densidade demográfica urbana, determinou uma nova concepção arquitetônica para melhorar o aproveitamento dos espaços urbanos, levando a verticalização das cidades. Em paralelo a essa evolução, a redução dos custos de produção habitacional, cuja consequência é caracterizada pela economia de material, que por sua vez reflete-se na redução das dimensões das estruturas de uma maneira geral e em particular na redução das espessuras dos painéis separadores, verticais (paredes e painéis) e horizontal (lajes de entre piso) (PEDROSO, 2007) e (FERRAZ, 2008). A redução nas espessuras dos painéis separadores de ambiente, levou a um aumento na rigidez das estruturas e suas ligações, facilitando a propagação da vibração (ruído de impacto) através da mesma. (Patricio, 2008)

Assim sendo o objetivo desta pesquisa é demonstrar quantitativamente, a atenuação sonora de ruído de impacto com a utilização de piso flutuante, pelos critérios prescritos pela norma NBR 10151

## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1 Som, ruído e conceitos sonoros**

Som é a sensação produzida no sistema auditivo e ruído é um som “indesejado” (BISTAFA, 2006) e (MURGEL, 2007)

O ruído de impacto ou ruído estrutural é originado por vibrações devido a impactos e/ou excitações dinâmicas de naturezas diversas em algum componente da edificação. Esse tipo de ruído é produzido por impactos nos elementos da edificação, como a queda de objetos, andar de pessoas, móveis arrastados, etc. As superfícies da edificação trabalham como amplificadores dos sons gerados por vibração (FERRAZ, 2008)

#### **2.1.1 SENSACÃO AUDITIVA**

##### **2.1.1.1 Lei de Fechner Weber**

A Lei de Fechner Weber faz uma relação entre a intensidade física de uma excitação e a intensidade subjetiva da sensação de uma pessoa. Vale para qualquer percepção sensorial, seja auditiva, visual, térmica, tátil, gustativa ou olfativa. De um modo geral a Lei de Fechner Weber pode ser enunciada: O aumento do estímulo, necessário para produzir o incremento mínimo de sensação, é proporcional ao estímulo pré-existente.

Aplicando esta Lei para a acústica, o enunciado fica: Para sons de mesma frequência, a intensidade da sensação sonora cresce proporcionalmente ao logaritmo da intensidade física.

##### **2.1.2 Audibilidade**

A Figura 1 apresenta a percepção humana da audibilidade.

###### **2.1.2.1 Limiar da audibilidade**

Para determinar a menor intensidade percebida pelo ouvido humano, é feita a seguinte experiência: Coloca-se um observador a distância de um metro de um alto-falante e de frente para este. O alto-falante vai vibrar com 1kHz em intensidade perfeitamente audível e vai atenuando o som até que o observador declare não mais estar ouvindo. Substituindo o observador por um microfone calibrado para medir a intensidade do som, esta intensidade será o limiar de audição para 1kHz, que corresponde a 10-16 watts/cm<sup>2</sup> ou 0 dB.

Se repetir a experiência para outras frequências, será determinado o limiar de audibilidade. A maior sensibilidade do ouvido, se dá entre 2000 e 5000Hz, há uma perda de sensibilidade nos dois extremos da banda de frequência audível. Para 50 Hz essa perda chega a 60 dB.

Níveis de ruído acima dos aceitáveis pelos usuários causam, além de incômodos,

interferências no desempenho das tarefas, na inteligibilidade da fala e do sono. O ruído afeta a saúde e o bem estar do ser humano. A exposição a ruídos intermitentes por períodos prolongados, como os ruídos de impacto podem causar diversos efeitos psico-fisiológicos nos indivíduos, como estresses e hipertensão (Ferraz, 2008).

### 2.1.2.2 Limiar da Dor

Para determinar o limiar da dor é feita a seguinte experiência: Aumenta-se o nível de intensidade sonora do som até que o observador sinta uma sensação dolorosa acompanhando a audição. Isso deve ocorrer para 1kHz em 120dB e é chamado de limiar da dor. Repetindo-se a experiência para outras frequências teremos a curva do limiar da dor.

O conjunto de sons audíveis é dado pela área compreendida entre o limiar de audibilidade e o limiar da dor, é o nosso campo de audibilidade.

É importante ressaltar que existe uma nítida divisão entre os sons que se apresentam abaixo e acima da voz humana; os sons com níveis inferiores à nossa voz são naturais, confortáveis e não causam perturbação; ao contrário, os sons superiores à voz humana podem ser considerados ruídos, normalmente são produzidos por máquinas, são indesejáveis, e causam perturbação ao homem.

Ainda segundo Ferraz (2008), as condições mitigatórias acústicas para os ambientes devem levar em conta a convivência dos usuários com níveis aceitáveis de ruídos no interior das edificações, já que praticamente impossível (alto custo) e também indesejável eliminá-las completamente. Algum nível de ruído é plenamente aceito pelo ser humano.

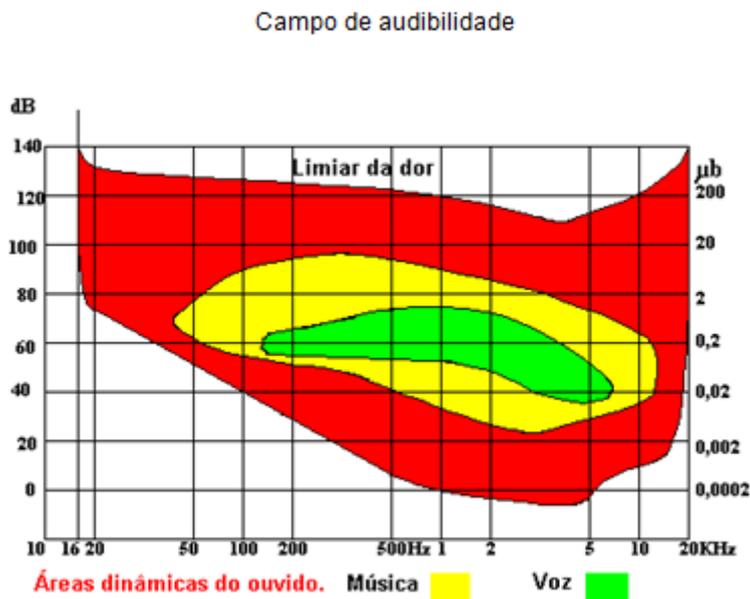


Figura 1 - Percepção do ouvido humano - Fonte: Bertulani

Diversos estudos científicos visaram o desenvolvimento de métodos para amenizar os efeitos do ruído de impacto, dentre os quais, o “piso flutuante”, composto pela interposição de material elástico entre a laje e o revestimento final. Esta opção deve ser prevista na fase de projeto e permite ao cliente escolher o revestimento a ser aplicado. (PEDROSO, 2007)

## 2.2 Piso flutuante

### 2.2.1 Definição

O piso flutuante é constituído por uma outra laje que será construída acima da

existente (laje estrutural do prédio), com pequena dimensão e pouca massa, isolada por um material antivibratório como o elastômero (borracha de baixa densidade) que irá funcionar como um amortecedor para os ruídos de impactos no piso, com isto evitando a propagação do som pela estrutura do edifício. Sobre a laje do piso flutuante (contra-piso) é instalado o piso a ser utilizado (madeira, mármore, cerâmica etc). A Figura 2 mostra os diversos componentes da solução de piso flutuante.

Croqui representativo do piso-flutuante:

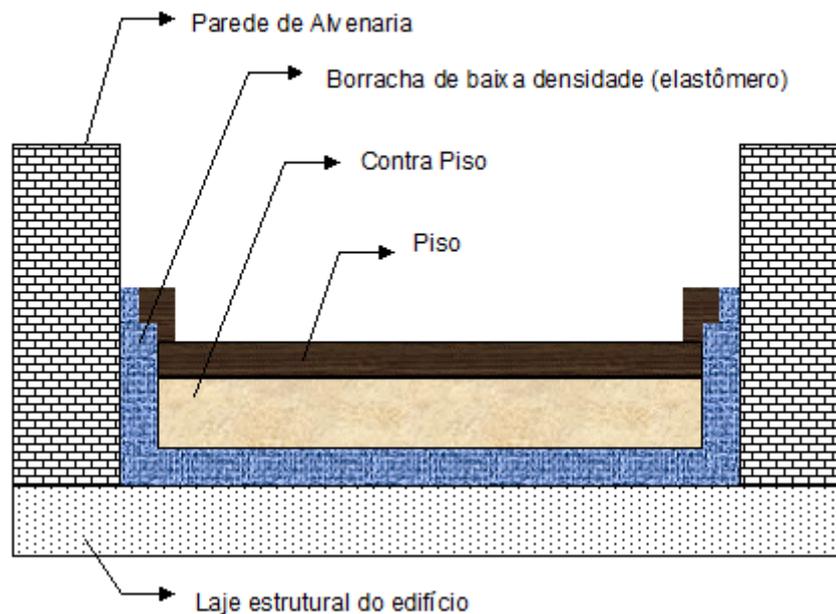


Figura 2 - Croqui Piso Flutuante - Fonte: Cavalcante e Sperandio, 2006

### 2.2.2 Eficácia do sistema, piso – flutuante

O que torna eficaz o piso-flutuante quanto à atenuação sonora do ruído de impacto é a retirada do vínculo mecânico entre o piso e o restante da estrutura da edificação, cujo sistema trata de eliminar o ruído na fonte geradora, ou seja, na laje-piso. Portanto para que isto seja possível, o piso-flutuante, tem que ser implantado no momento da construção. Pois a eficácia do sistema esta na implantação do piso-flutuante no recinto da pessoa geradora do ruído.

### 2.2.3 Ineficácia da solução do problema da transmissão sonora via-estrutural pelo receptor do ruído.

Tentar solucionar o problema da transmissão sonora via-estrutural pelo receptor do ruído se torna ineficaz, pois o som se propaga por toda a estrutura do recinto, ou seja, lajes e paredes. Sendo assim, se o receptor tentar fazer um isolamento acústico no teto, estará eliminando apenas uma das fontes transmissora do ruído.

## 3. Método

O método de ensaio consiste no estudo de caso com a utilização de piso flutuante para atenuação sonora do ruído de propagação estrutural, realizado por Cavalcante e Sperandio (2006). Os ensaios constituíram nas medições de nível pressão sonora, conforme prescrito pela norma NBR10151, em duas situações, num primeiro momento, com lajes sem tratamento sonoro e num segundo momento, com tratamento sonoro chamado piso flutuante. O

experimento está sintetizado na Figura 4.

### **3.1 Instalação do piso-flutuante conforme Cavalcante e Sperandio (2006)**

A instalação do piso-flutuante é uma técnica simples, porém sua correta execução exige cuidados especiais e orientação especializada para a execução do serviço. O processo de instalação deve ser feito em todas as lajes de todos os andares do edifício.

A seguir será descrito, todas as etapas, para instalação do piso-flutuante:

10 Limpeza e regularização da superfície (laje-piso), onde será instalada a manta de elastômero, evitando superfícies salientes.

20 Antes mesmo da colocação das mantas, deve-se colocar os rodapés do mesmo material da manta (elastômero), pois não deve haver nenhum contato do piso com qualquer parte da estrutura, seja laje ou parede. O rodapé de elastômero deve ser fixado na parede com material ligante como cola de contato. Pois a fixação deste com argamassa eliminaria o efeito de amortecedor acústico e no caso de fixar com parafusos, estes se tornariam pontos de contato com a estrutura e o piso flutuante perderia sua finalidade de não entrar em contato com a estrutura da edificação.

30 As peças da manta de elastômero devem ser colocadas diretamente sobre a laje estrutural da edificação cobrindo 100% do plano. É importante lembrar que uma pessoa deve ser encarregada de conferir se todas as peças têm a mesma espessura (com uma tolerância de mais ou menos 1mm), pois o desnivelamento da manta pode ocasionar trincas no contra-piso.

40 Após a colocação da manta de elastômero, recomenda-se, colocar uma lona plástica impermeável sobre toda superfície da manta. Pois como a manta de elastômero não é um material impermeável, esta pode absorver parte da argamassa do contra-piso, ainda quando esta estiver mole e após secar, a manta irá enrijecer e perder boa parte da sua finalidade amortecedora. Pode inclusive ocorrer casos que a argamassa mole percole por toda a espessura da manta até entrar em contato com a laje estrutural e estes pontos de contatos se tornarão pontos de transmissão sonora quando a argamassa secar.

50 A construção do contra piso é uma etapa de fundamental importância para que todo o conjunto (piso-flutuante), funcione perfeitamente. Devido a flexibilidade da manta de elastômero (efeito amortecedor), o contra-piso estará sujeito a flexão e devido a isto, a esforços de tração na sua parte inferior e compressão na parte superior. Com isto ocasionando fissuras na parte inferior e trincas e rachaduras na parte superior, principalmente se os piso forem cerâmicos, por isso é de fundamental importância que o contra-piso tenha uma espessura mínima de 4cm e seja estrutura com tela de aço, para assim resistir aos possíveis esforços que venha a sofrer.

60 No caso do piso instalado ser de madeira e ter de ser fixado com parafuso é importante lembrar que em hipótese alguma os parafusos ou buchas devem ultrapassar a espessura do contra-piso e entrar em contato com a manta de elastômero ou pior entrar em contato com a laje estrutural do edifício, pois com isto, perderia a finalidade acústica; pois estes pontos de contato tornariam pontos de transmissão sonora para o andar de baixo.

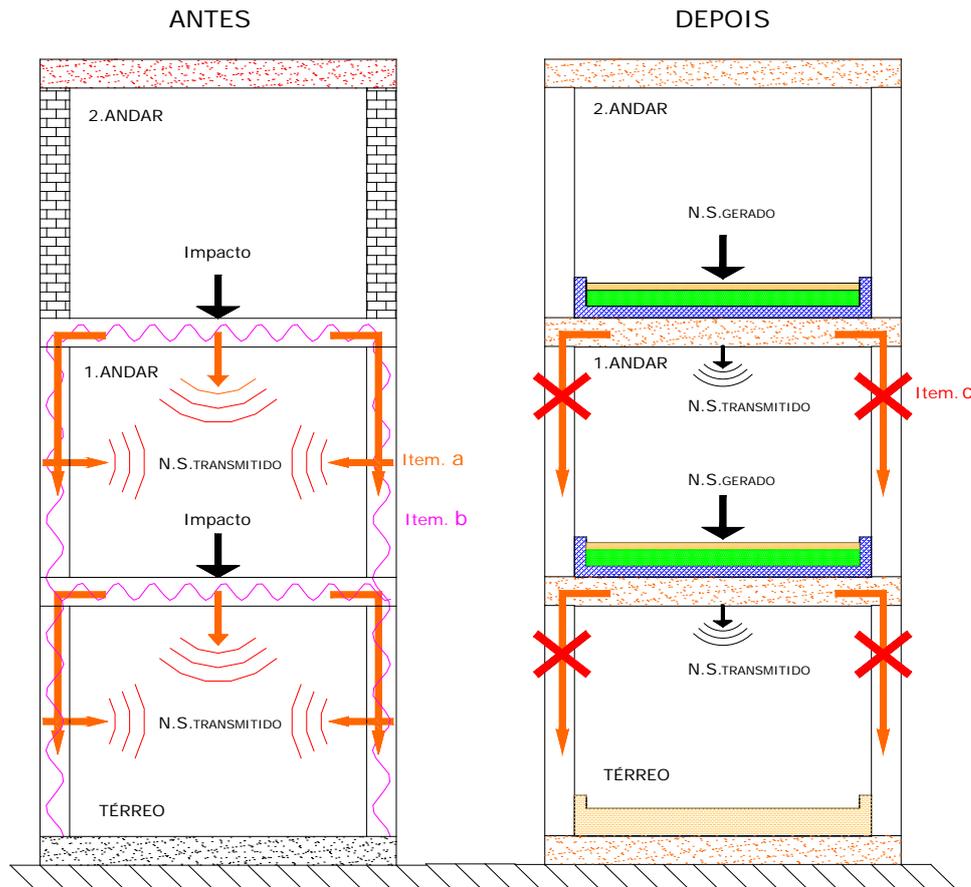


Figura 4- Esquema geral do experimento - Fonte: Cavalcante e Sperandio (2006)

Para a realização dos ensaios, foi necessário um medidor de nível de pressão sonora, conforme o item 4 (Equipamentos de Medição) da norma NBR 10151:2000. O medidor de pressão sonora também é conhecido como “decibelímetro”.

Numa primeira etapa, é medido o nível de ruído de fundo, que se trata do ruído ambiente, que não faz parte do ruído que se quer medir.

A próxima etapa consiste em aplicar uma força constante através de uma haste de madeira no piso, gerando o ruído de impacto, num nível de pressão sonora constante, este, monitorado a partir de uma regularidade estática durante o período de duração dos testes, junto ao medidor de nível de pressão sonora (decibelímetro).

O gerador de impactos (Figura 5), é constituído de uma haste de madeira de 15mm x 15mm x 80cm, utilizada para golpear o piso, simulando fatos corriqueiros, como queda de objetos ou o andar de pessoas, etc.

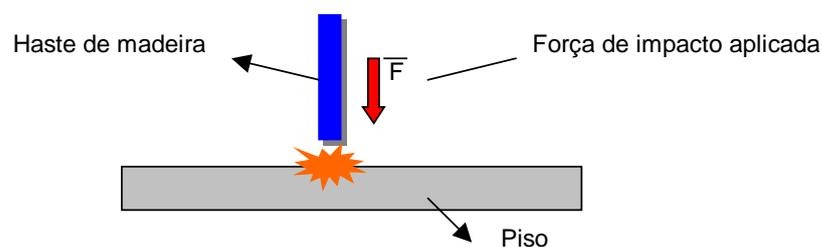


Figura 5 - Gerador de impactos - Fonte: Cavalcante e Sperandio (2006)

Esta etapa é feita seguindo as prescrições do item 5.3 (Medições no interior de edificações) da norma NBR10151:2000.

A leitura no medidor de nível de pressão sonora (decibelímetro) é feita pelo nível de pressão sonora equivalente (LAeq) em decibels ponderados em “A” [dB(A)]. O intervalo de medição ajustado no medidor de nível de pressão sonora (decibelímetro) foi de 60 segundos

O impacto é dado no piso do segundo andar e medido, primeiro no segundo andar e depois no primeiro andar. Seguindo as medições, agora o impacto com a haste de madeira, é dado no primeiro andar e medido, no primeiro andar e depois no térreo. Desta forma podendo medir a atenuação sonora de um ambiente para outro, sem o piso-flutuante e com o piso-flutuante.

#### 4. Resultados

O ruído de fundo para os três andares analisados (térreo, primeiro andar, segundo andar) tem seu valor equivalente à  $(35,5 \pm 1,5)$  dB(A). Ou seja, com seu valor variando entre o mínimo de 34 dB(A) e máximo de 37 dB(A).

Impactos no piso do segundo andar

Medidas do nível de pressão sonora no segundo andar:

10 medição: LAeq(60) = 56,5 dB(A)

20 medição: LAeq(60) = 54,5 dB(A)

30 medição: LAeq(60) = 54,0 dB(A)

$$LAeq_{\text{médio}} = \frac{56,5 + 54,5 + 54}{3} \cong 55dB(A) \quad \therefore \text{”média entre os valores das três medições”}$$

O nível de pressão sonora, equivalente médio, LAeqmédio em decibéis na curva de ponderação A é de 55dB(A); para impactos no piso do segundo andar e medido no segundo andar.

Medidas do nível de pressão sonora no primeiro andar:

10 medição: LAeq(60) = 58,0 dB(A)

20 medição: LAeq(60) = 60,5 dB(A)

30 medição: LAeq(60) = 59,0 dB(A)

$$LAeq_{\text{médio}} = \frac{58,5 + 60,5 + 59}{3} \cong 59dB(A) \quad \therefore \text{”média entre os valores das três medições”}$$

O nível de pressão sonora, equivalente médio, LAeqmédio em decibéis na curva de ponderação A é de 59dB(A); para impactos no piso do segundo andar e medido no primeiro andar.

Comparando os valores de LAeqmédio (segundo andar) e LAeqmédio (primeiro andar), observa-se que houve um “aumento” de 4,0dB(A) de um andar para outro, devido ao ruído de impacto. Este aumento se deve ao fato de que toda estrutura da edificação se torna uma fonte secundária de propagação sonora.

Medidas do nível de pressão sonora no primeiro andar:

10 medição: LAeq(60) = 60,5 dB(A)

20 medição: LAeq(60) = 60 dB(A)

30 medição: LAeq(60) = 59,5 dB(A)

$$LAeqmédico = \frac{60,5 + 60 + 59,5}{3} \cong 60dB(A) \quad \therefore \text{”média entre os valores das três medições”}$$

O nível de pressão sonora, equivalente médio, LAeqmédio em decibéis na curva de ponderação A é de 60dB(A); para impactos no piso do primeiro andar e medido no primeiro andar.

Medidas do nível de pressão sonora no térreo:

10 medição: LAeq(60) = 41,5 dB(A)

20 medição: LAeq(60) = 42,0 dB(A)

30 medição: LAeq(60) = 42,5 dB(A)

$$LAeqmédico = \frac{41,5 + 42 + 42,5}{3} \cong 42dB(A) \quad \therefore \text{”média entre os valores das três medições”}$$

O nível de pressão sonora, equivalente médio, LAeqmédio em decibéis na curva de ponderação A é de 42dB(A); para impactos no piso do 10andar e medido no térreo.

Comparando os valores de LAeqmédio(10andar) e LAeqmédio (térreo), podemos concluir que houve uma “diminuição” de 18,0dB(A) de um andar para outro. Com a implantação do piso flutuante há um amortecimento do impacto transmitido para a estrutura da edificação, atenuando consideravelmente o ruído de impacto transmitido de um andar para outro.

## 5. Conclusão

Após a instalação da solução de piso flutuante, constatou-se uma atenuação sonora de 18 db(A), ou seja, uma boa atenuação, o que torna indicado o uso de piso flutuante para redução dos ruídos de impacto, confirmando a vantagem adicional que é a possibilidade de utilização de revestimentos ao gosto do usuário

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151** Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000

\_\_\_\_\_. **NBR 10152** Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987

BERTULANI, Carlos Ondas Sonoras. Disponível em:

[www.if.ufrj.br/teaching/fis2/ondas2/ondas.html](http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/ondas2/ondas.html) acesso em setembro/2011

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica Aplicada ao Controle de Ruídos**. 1ª edição. São Paulo: Blücher, 2006

CAVALCANTE, Alecssander D., SPERANDIO, Carlos A. **Conforto Ambiental Acústico em Apartamentos Residenciais numa Edificação Vertical: Um caso de Atenuação Sonora via Propagação Estrutural**. 2006. Monografia(Especialização em Gerenciamento de Obras), Departamento Acadêmico de Construção Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná

COSTA, Ennio Cruz da. **Acústica Técnica**. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2003.

FERRAZ, Rafaela. **Atenuação de Ruído de Impacto em Pisos de Edificações de Pavimentos Múltiplos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MURGEL, Eduardo. **Fundamentos de Acústica Ambiental**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007

PATRICIO, Jorge V. Acústica de Edifícios: Índices de isolamento a sons de percussão utilizados no Espaço Europeu. **Acústica e Vibrações**, nº 39, Maio de 2008, pg 29-34 2008,

PEDROSO, Miguel A. T. **Estudo Comparativo entre as Modernas Composições de Pisos Flutuantes Quanto ao Desempenho no Isolamento ao Ruído de Impacto**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS