

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIVERSAS  
COMPOSIÇÕES COM PISOS FLUTUANTES DE  
MADEIRA NATURAL – ASSOALHO E TACOS –  
QUANTO AO ISOLAMENTO AO RUÍDO DE  
IMPACTO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**PAOLA MEZZOMO NEUBAUER**

**SANTA MARIA, RS, BRASIL  
2009**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIVERSAS  
COMPOSIÇÕES COM PISOS FLUTUANTES DE  
MADEIRA NATURAL – ASSOALHO E TACOS –  
QUANTO AO ISOLAMENTO DO RUÍDO DE IMPACTO**

por

**Paola Mezzomo Neubauer**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Conforto Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**

**Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Pizzutti dos Santos**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2009**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação  
de Mestrado

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIVERSAS COMPOSIÇÕES  
COM PISOS FLUTUANTES DE MADEIRA NATURAL –  
ASSOALHO E TACOS – QUANTO AO ISOLAMENTO DO RUÍDO  
DE IMPACTO**

elaborada por  
**Paola Mezzomo Neubauer**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

**Dr. Jorge Luiz Pizzutti dos Santos**  
(Presidente/ Orientador)

**Dra. Dinara Xavier da Paixão(UFSM)**

**Dra. Maria Fernanda Nunes(UCS)**

Santa Maria, 07 de abril de 2009.

## **AGRADECIMENTOS**

A esta instituição, da qual tenho orgulho de ter sido aluna, desde a graduação até esta fase de especialização, e sempre me dá a certeza da escolha certa.

Ao professor Dr. Jorge Luiz Pizzutti dos Santos pela preciosa orientação, dotada de clareza e segurança, que nortearam a realização deste trabalho.

Ao meu grande amor, Eduardo, que muito incentiva e apóia meu crescimento.

Aos meus pais, Cezar e Mirela (in memorian), que sempre me ensinaram a importância do conhecimento.

Aos meus irmãos, Pablo e Bruna, e minha querida sobrinha Mirella, pelos muitos momentos de alegria.

A minha madrinha Beatriz, a qual serei sempre grata pelo carinho com que me acolheu.

À colega e amiga Livia Pavanello, pela preciosa ajuda no decorrer do trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Termo Acústica da UFSM, Sr. Juraci Bortoluzzi e Sr. Guerra, pela disponibilidade de tempo e boa vontade com que me ajudaram.

A Capes, pelo apoio financeiro através de bolsa de estudos.

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Universidade Federal de Santa Maria

### **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIVERSAS COMPOSIÇÕES COM PISOS FLUTUANTES DE MADEIRA NATURAL – ASSOALHO E TACOS – QUANTO AO ISOLAMENTO DO RUÍDO DE IMPACTO**

AUTORA: PAOLA MEZZOMO NEUBAUER  
ORIENTADOR: JORGE LUIZ PIZZUTTI DOS SANTOS  
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 07 de abril de 2009.

Esta pesquisa faz uma análise e comparação de diferentes sistemas de pisos flutuantes de madeira natural submetidos a ruído de impacto, em diferentes composições utilizadas na indústria da construção civil. Os ensaios foram realizados nas câmaras para medir ruído de impacto do Laboratório de Termoacústica da UFSM, conforme metodologias especificadas nas Normas Internacionais ISO 140/ VI e ISO 717-2. Foram ensaiadas amostras de revestimento do tipo tábua corrida e taco, ambos de madeira natural, em diferentes composições quanto ao revestimento e o material resiliente. Os materiais resilientes utilizados nas composições foram lã de vidro, polietileno expandido e poliestireno expandido (isopor). A análise dos resultados obtidos foi feita agrupando-se materiais semelhantes nas diferentes composições.

**Palavras-chave:** isolamento acústico, ruído de impacto, pisos flutuantes, madeira natural.

## **ABSTRACT**

Dissertação de Mestrado  
Civil Engineering Post-Graduation Program  
Federal University of Santa Maria

### **COMPARATIVE STUDY WITH SEVERAL FLOATING NATURAL WOOD FLOOR COMPOSITION REGARDING NOISE IMPACT ISOLATION**

Architect Paola Mezzomo Neubauer

Adviser: PhD Engineer Jorge Luiz Pizzutti dos Santos

Date and Place of the Defense: Santa Maria, April 9<sup>th</sup>, 2009.

The proposal of this project is analyze and compare different behaviors of natural floating wood floors, submitted an impact noise with several compositions, used in construction industry. The tests were done on the Thermo-acoustic Laboratory of UFSM, in according with the methods specified in the regulations ISO 140/ VI and ISO 717-2. The tests were done, using layers of wood, in different compositions and resilient materials. The results were analyzed, confronting the material with same characteristics but with different composition. The resilient materials used in the tests were: glass wool, polyethylene and polystyrene. The analysis of the results was done grouping the similar materials with different compositions.

**Key Words:** acoustic isolation, impact noise, floating floors, natural wood.

## LISTA DE TABELAS

TABELA1–Redução do nível de ruído de impacto em revestimentos de piso..	22
TABELA 2 – Parcial A.....	46
TABELA 3 – Parcial B.....	51
TABELA 4 – Parcial C.....	56
TABELA 5 – Comparativo do nível de ruído de impacto das amostras de assoalho de madeira com e sem contrapiso.....	62
TABELA 6 – Comparativo $L'_{nw}$ das composições sem material resiliente – método tradicional de assentamento (não-flutuante).....	63
TABELA 7 – Comparativo $L'_{nw}$ das composições com material resiliente (lã de vidro) – sistemas de pisos flutuantes.....	63
TABELA 8 – Comparativo $\Delta L'_{nw}$ das composições sem material resiliente e com lã de vidro.....	64

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Um ruído de impacto sobre o piso pode se estender por toda a edificação. Fonte: Arch-tec- Acústica Arquitetônica.....	17
QUADRO 1 – Exigências em diferentes países para o isolamento ao ruído de impacto em residências.....	18
QUADRO 2 – Melhora do isolamento a ruído de impacto.....	21
FIGURA 2 – Esquema de uma correta execução de um piso flutuante. Fonte: Gerges, 1992, p.214.....	23
QUADRO 4 – $L_{nw}$ (dB) composições com piso cerâmico e madeira.....	24
QUADRO 5 – $L_{nw}$ (dB) composições com porcelanato e laminado de madeira.....	24
FIGURA 3 – Natureza e espessura da camada resiliente. Fonte: Brondani, 1999, p.21.....	27
FIGURA 4 – Espessura da laje suporte. Fonte: Brondani, 1999, p.23.....	27
FIGURA 5 – Homogeneidade na colocação da camada resiliente. Fonte: Brondani, 1999, p.26.....	28
FIGURA 6 – Colocação da camada resiliente entre paredes. Fonte: Brondani, 1999, p.26.....	29
FIGURA 7 – Colocação da camada resiliente entre vãos. Fonte: Brondani, p.26.....	29
FIGURA 8 – Colocação da camada resiliente sobre canalizações. Fonte: Brondani, 1999, p.24.....	30
FIGURA 9 – Instalação de canalizações que atravessam a laje. Fonte: Brondani, 1999, p.27.....	30
FIGURA 10 – Instalação com bordas. Fonte: Brondani, 1999, p.25.....	31
FIGURA 11 – Analisador SoLo.....	36
FIGURA 12 – Máquina geradora de ruído.....	36
FIGURA 13 – Calibrador.....	37
FIGURA 14 – Fonte sonora.....	37
FIGURA 15 – Tripé.....	38
FIGURA 16 – Esquema da amostra de tábua corrida.....	39
FIGURA 17 – Amostra de tábua corrida ensaiada.....	39
FIGURA 18 – Esquema da amostra de tacos de madeira.....	40
FIGURA 19 – Amostra de tacos ensaiada.....	40

FIGURA 20 – Amostra de lã de vidro.....	41
FIGURA 21 – Amostra de manta de polietileno.....	42
FIGURA 22 – Amostra de isopor.....	42
FIGURA 23 – Corte esquemático das câmaras para medir ruído de impacto do Laboratório de Termo-Acústica da Universidade Federal de Santa Maria.....	43
FIGURA 24 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto da amostra 1.....	45
FIGURA 25 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto do grupo A.....	46
FIGURA 26 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto da amostra 2.....	47
FIGURA 27 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto da amostra 3.....	48
FIGURA 28 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto da amostra 4.....	49
FIGURA 29 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto da amostra 5.....	50
FIGURA 30 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto do grupo B.....	51
FIGURA 31 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto da amostra 6.....	52
FIGURA 32 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto da amostra 7.....	53
FIGURA 33 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto da amostra 8.....	54
FIGURA 34 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto da amostra 9.....	55
FIGURA 35 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto do grupo C.....	56
FIGURA 36 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto da amostra 10.....	57
FIGURA 37 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto da amostra 11.....	58
FIGURA 38 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto da amostra 12.....	59
FIGURA 39 – Gráfico do Nível de Ruído de Impacto da amostra 13.....	60
Figura 40 – Gráficos comparativos do L'hw das composições com Eucasoft ou Isopor.....	63

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

dB – Decibel

B&K – Brüel & Kjaer

Hz – Hertz

ISO – Internacional Organization for Standardization

KHz – Quilohertz

Kg - Quilograma

LaTA – Laboratório de Termo-Acústica

Li – Nível de pressão sonora de impacto

Ln – Nível de pressão sonora de impacto normalizado

LnT – Nível de pressão sonora de impacto estandardizado

L'nw – Nível de pressão sonora de impacto ponderado

$\Delta Lnw$  – Diferença de nível de pressão sonora de impacto ponderado

m<sup>2</sup> - Metro quadrado

NPS – Nível de Pressão Sonora

Pa – Pascal

TR – Tempo de reverberação

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

## LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Valores do $L_n$ , por frequência, e cálculo do nível de ruído de impacto das amostras, segundo a ISO 140/ VI.....	68
---	----

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	5
<b>ABSTRACT</b> .....	6
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	7
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	8
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	10
<b>LISTA DE APÊNDICES</b> .....	11
<b>SUMÁRIO</b> .....	12
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>1.1 Justificativa da Pesquisa</b> .....	15
<b>1.2 Objetivos</b> .....	16
1.2.1 Objetivo geral.....	16
1.2.2 Objetivos específicos .....	16
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
<b>2.1 Som</b> .....	17
2.1.1 Nível de Pressão Sonora .....	17
<b>2.2 Isolamento Acústico</b> .....	18
<b>2.3 Ruído de Impacto</b> .....	19
<b>2.4 Isolamento do Ruído de Impacto</b> .....	20
2.4.1 Forros Falsos .....	21
2.4.2 Recobrimentos elásticos para pisos.....	20
2.4.3 Pisos flutuantes.....	24
<b>2.5 Fatores que influenciam no isolamento de pisos flutuantes</b> .....	26
<b>2.6 Condições para execução do sistema de piso flutuante</b> .....	28
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	34
<b>3.1 Aspectos da Norma Internacional – ISO 140/ VI – Relativos às Medições do Ruído de Impacto</b> .....	34

<b>3.2</b>	<b>Considerações sobre a Norma ISO 717 – 2</b> .....	34
<b>3.3</b>	<b>Local dos ensaios</b> .....	35
<b>3.4</b>	<b>Equipamentos utilizados</b> .....	35
<b>3.5</b>	<b>Relação e especificação dos materiais analisados</b> .....	38
3.5.1	Relação dos materiais ensaiados – Revestimentos de pisos .....	39
3.5.2	Relação dos materiais ensaiados – Materiais resilientes.....	41
<b>3.6</b>	<b>Procedimentos das medições</b> .....	43
3.6.1	Medição do desempenho acústico de cada amostra .....	44
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	45
<b>4.1</b>	<b>Representação gráfica dos resultados obtidos</b> .....	45
<b>4.1.1</b>	<b>Amostra 1 – Laje de entrepiso sem revestimento</b> .....	45
<b>4.1.2</b>	<b>Conjunto A – Composições que apresentam tábuas corridas de Ipê – assoalho – como revestimento final, somada a laje e material resiliente (sem contrapiso).</b> .....	46
4.1.2.1	Amostra 2 - Assoalho + laje.....	49
4.1.2.2	Amostra 3 - Assoalho + Eucasoft + laje.....	50
4.1.2.3	Amostra 5 - Assoalho + isopor + laje.....	51
4.1.2.4	Amostra 6 - Assoalho + lã de vidro + laje.....	52
<b>4.1.3</b>	<b>Conjunto B - Composições feitas com tábuas corridas/ assoalho de Ipê – diferentes do conjunto A pela adição de contrapiso.</b> .....	51
4.1.3.1	Amostra 6 - Assoalho + contrapiso + laje.....	54
4.1.3.2	Amostra 7 - Assoalho + contrapiso + Eucasoft + laje.....	55
4.1.3.3	Amostra 8 - Assoalho + contrapiso + isopor + laje.....	56
4.1.3.4	Amostra 9 - Assoalho + contrapiso + lã de vidro + laje.....	57
<b>4.1.4</b>	<b>Conjunto C – engloba as composições com tacos de madeira como revestimento.</b> .....	56
4.1.4.1	Amostra 10 - Tacos + contrapiso + laje.....	57
4.1.4.2	Amostra 11 - Tacos + contrapiso + Eucasoft + laje.....	58
4.1.4.3	Amostra 12 - Tacos + contrapiso + isopor + laje.....	59
4.1.4.4	Amostra 13 - Tacos + contrapiso + lã de vidro +laje.....	60
<b>CAPÍTULO V</b>		
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	61

<b>5.1</b>	<b>Considerações Finais.....</b>	<b>61</b>
<b>5.2</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE A – Valores do Ln, por frequência, e cálculo do nível de ruído de impacto das amostras, segundo a ISO 140/ VI.....</b>	<b>68</b>

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Justificativa da Pesquisa

Com o crescimento acelerado do número de construções no país, principalmente nas grandes cidades há, cada vez mais, a necessidade da verticalização das edificações para otimizar o uso dos lotes. Infelizmente, nessa tipologia de construção, notamos uma deficiência de isolamento acústico muito grande, tanto proveniente de meios aéreos quanto de ruído de impacto.

Para Méndez (1994), o ruído de impacto reduz o conforto acústico dos ambientes, uma vez que se propaga a grandes distâncias através das estruturas, podendo prejudicar diversas pessoas ao mesmo tempo. Uma das fontes de ruído que mais atrapalha a convivência da vizinhança é a provocada pelo caminhar das pessoas, que é um ruído impossível de ser desprezado.

É consenso entre os estudiosos do assunto que o som pode ser nocivo para o ser humano. Sabe-se que ele afeta até mesmo as forças motrizes, os tempos de reação e a capacidade de reação nos ensaios psicológicos. A velocidade dos movimentos respiratórios, as pulsações e até mesmo a pressão do sangue podem sofrer transformações radicais quando expostos a ruído. Pessoas não acostumadas com o ruído apresentam dificuldade de concentração quando expostas a ele, sendo muito difícil a realização de trabalhos mentais nessa condição.

Uma alternativa para redução do ruído de impacto é o uso de piso flutuante adequadamente executado, que reduz consideravelmente esse tipo de ruído, como pode-se constatar no decorrer do trabalho. Seu uso deve ser previsto em projeto, pois exige cuidados especiais na execução da obra.

Os pisos de madeira natural são bastante utilizados, pois apresentam baixa variação térmica, sendo confortáveis tanto em dias quentes quanto em dias frios. Soma-se a isso, a praticidade com a manutenção, visto que são de

fácil limpeza e conservação. A tábua corrida e o taco de madeira natural podem receber novo lixamento e aplicação de sinteco ou laca, caso sofram algum risco ou envelhecimento com o passar do tempo.

Com base nessas justificativas, esse trabalho fará uma análise e comparação entre diferentes sistemas e composições de pisos flutuantes de madeira, quanto ao seu potencial em relação ao ruído de impacto. Esses dados fornecerão embasamento para profissionais da construção civil especificar com mais clareza e segurança materiais a serem utilizados em suas obras.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

- Avaliar em laboratório o desempenho acústico de pisos de madeira natural, na forma de assoalho e tacos, em diferentes composições em relação a piso e material resiliente, quando submetidos a ruído de impacto.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Testar diferentes composições de pisos de madeira natural submetidos ao ruído de impacto;
- Comparar os resultados obtidos, a fim de oferecer clareza aos projetistas quando da especificação de materiais e sistemas construtivos;
- Conhecer as frequências nas quais os sistemas ensaiados oferecem melhor desempenho.

## CAPÍTULO II

### 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 Som

Gerges(1992) define o som como sendo flutuações de pressão em um meio compreensível, dentro de determinados valores e frequências de repetição, que ao atingirem o ouvido, produzem a sensação de som. Assim sendo, se as ondas apresentarem flutuações de pressão abaixo ou acima de uma faixa de valores, elas não serão audíveis.

Quando um som se apresenta de maneira desagradável, ele é chamado de ruído. Para Gerges (1992, p.1) “o efeito do ruído no indivíduo não depende somente de suas características (amplitude, frequência, duração...etc), mas também da atitude do indivíduo frente a ele”.

A taxa de ocorrência da flutuação completa de pressão é conhecida como frequência. Esta é dada em ciclos por segundo, ou ainda, designada internacionalmente por Hertz (Hz). Na faixa de frequência de 20 a 20000Hz as ondas de pressão do meio podem ser audíveis. (GERGES, 1992,p.3)

##### 2.1.1 Nível de Pressão Sonora

A onda sonora se propaga no ar em forma de variação de pressão. A intensidade de um ruído depende do valor que tem essa pressão sonora. O nível de pressão sonora é dado pela fórmula:

$$NPS = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2}$$

Em que:

NPS: Nível de Pressão Sonora;

Po: 0,00002 Pa (valor de referência que corresponde ao limiar da audição em 1000 Hz);

P: pressão sonora (Hz).

Para expressar a intensidade dos sons, usa-se o decibel (dB), que é uma unidade adimensional obtida calculando-se o logaritmo de uma relação entre duas grandezas, que nesse caso, são duas pressões sonoras.

## **2.2 Isolamento Acústico**

De acordo com a NBR 12179, o isolamento acústico é o processo pelo qual se procura evitar a entrada ou saída de ruídos de um determinado recinto.

O ruído pode se propagar em uma construção através do ar, os chamados ruídos aéreos, ou através da própria estrutura, que são os ruídos de impacto. As fontes que originam esses ruídos podem estar localizadas no interior ou no exterior da edificação.

Para Carvalho (1967 apud Conrad, 2002, p.19), conforme o meio de propagação, pode-se considerar dois tipos de isolamento:

- Isolamento de ruídos aéreos.
- Isolamento de ruídos de impacto.

Para isolar de maneira eficaz o recinto contra a penetração do ruído, deve-se antes saber a natureza do som, ou seja, onde ele está sendo gerado e o caminho que ele está percorrendo.

A resistividade acústica de um material é obtida quando multiplica-se a velocidade do som em um determinado elemento ou material por sua densidade. Materiais de alta resistividade são denominados “acusticamente duros” e de baixa resistividade “acusticamente moles”.

A lei de Berger ou lei fundamental do isolamento acústico diz que um isolamento eficaz se dá quando é utilizado como material isolante uma substância cuja resistividade acústica seja o mais diferente possível da substância que se quer isolar. Por essa lei, entende-se que para isolar o som que se propaga no ar, que é um meio acusticamente mole, deve-se usar

materiais rígidos e pesados; ao contrário, para isolar o som que se propaga nos sólidos, materiais leves.

### 2.3 Ruído de Impacto

Ruídos de Impacto são gerados por excitação mecânica de curta duração, aplicados diretamente sobre a estrutura da edificação.

Em diversas situações das nossas edificações, se produzem ruídos gerados pelo impacto entre sólidos, como no caso de queda de objetos, pisadas, etc. Estes elementos, ao atuarem sobre o piso do recinto fonte, transmitem uma certa energia, causando a vibração na estrutura e irradiam energia em forma de ondas sonoras no recinto receptor. Diferenciam-se dos ruídos aéreos por esses excitarem o ar ao invés da estrutura propriamente dita.

Este tipo de ruído de muito curta duração, apresenta a particularidade de transmitir-se com muita facilidade e para pontos distantes do interior da estrutura da edificação, sem com isso diminuir sua intensidade podendo ser escutado inclusive com mais clareza no recinto receptor do que no recinto em que é gerado.

(Mendez, 1994 apud Brondani, 1999, p.9)

A figura 1 exemplifica um impacto causado sobre o piso de um determinado recinto e demonstra a transmissão de energia através da vibração da estrutura, o que causa a irradiação de energia através das ondas sonoras no outro recinto.

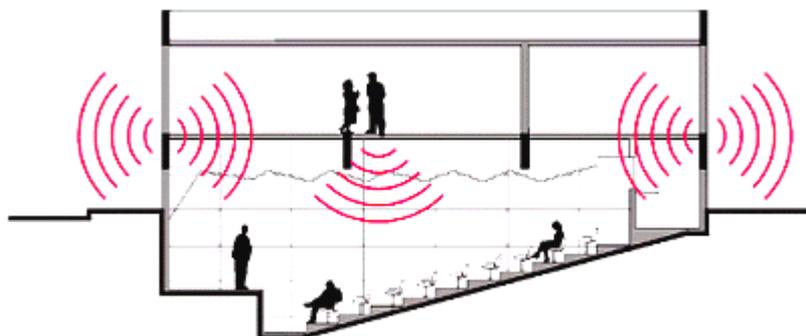


FIGURA 1 – Um ruído de impacto sobre o piso pode se estender por toda a edificação.  
Fonte: Arch-tec – Acústica Arquitetônica (2008).

O Nível de Pressão Sonora de Impacto Normalizado,  $L_n$ , é determinado pela Norma ISO 140 VI, como sendo:

$$L_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0} (dB)$$

Em que:

$L_i$ : Nível de Pressão Sonoro de Impacto medido na sala de recepção;

$A$ : Área de absorção equivalente;

$A_0$ : Área de absorção equivalente de referência.  $A_0 = 10m^2$ .

## 2.4 Isolamento do Ruído de Impacto

Tem-se, por isolamento acústico, a série de medidas construtivas que são tomadas com o objetivo de barrar ou amenizar o fluxo de energia sonora de um ambiente para outro.

No Brasil, não existem normas em vigor que indiquem valores a serem respeitados quanto ao isolamento de ruído de impacto nas edificações. No quadro 1, pode-se analisar valores mínimos exigidos em alguns países com consciência da necessidade do conforto acústico ao ser humano.

	Entre residências
Bélgica	55 65 75
Alemanha	36 - 66
Dinamarca	62
França	72
Inglaterra	65
Holanda	72
Média	66

Quadro 1 - Exigências em diferentes países para o isolamento ao ruído de impacto em residências (dB)

Fonte: Sancho (1982, p.52)

A partir de 12 de maio de 2010, entrará em vigor no Brasil a NBR 15.575 – parte 3, editada pela ABNT, a partir do projeto 02:136.01-001/1:2005, o qual estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis a pisos internos de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, ou a sistemas de pisos. Essa norma possibilitará classificar níveis de desempenho que servirão de parâmetros para as construções, níveis estes que vão desde o mínimo “M”, passando pelo intermediário “I” até o superior “S”. Como recomendação, o piso de uma habitação deve proporcionar isolamento acústico adequado entre unidades contíguas distintas, bem como entre dois ambientes de uma mesma unidade, possibilitando condições de lazer, descanso e trabalho intelectual.

Em se tratando de ruído de impacto, pode-se utilizar métodos de isolamento em lajes estruturais que são:

- Utilização de forros falsos no ambiente receptor;
- Utilização de revestimentos elásticos no ambiente onde o impacto é causado;
- Utilização de material flexível – resiliente – entre o revestimento de piso do ambiente onde o ruído é causado e a laje, resultando numa composição denominada piso flutuante.

#### 2.4.1 Forros Falsos

Consiste na colocação de um forro falso na sala receptora de ruídos. O material do forro deve apresentar boa quantidade de massa, devendo pesar mais de 25Kg. Além disso, não deve ser exageradamente rígido, bem como não devem ser rígidas as ligações entre ele e a laje, a fim de evitar pontes acústicas que venham a reduzir ainda mais o isolamento. Deve-se, também, atentar para que fique uma camada de ar, o maior possível, entre o forro falso e a laje. Nesse “colchão de ar”, podem-se instalar materiais absorventes, como por exemplo, lã de vidro, que auxiliará no isolamento.

Essa alternativa é menos eficaz para isolamento do ruído de impacto do que a utilização de revestimentos elásticos ou pisos flutuantes. Ela apresenta o

benefício de ser utilizada na sala receptora de ruído, diferentemente das outras duas que, por terem de ser utilizadas na sala onde o ruído será gerado, muitas vezes têm seu uso inviabilizado.

Medeiros (2003) ensaiou e analisou 14 composições de forro de gesso acartonado, usando desde forros simples com uma única camada de gesso acartonado até forros múltiplos, com duas e três camadas do material, com e sem adição de material absorvente, em diferentes afastamentos entre a laje e o forro de gesso. Como revestimento na face superior da laje ele usou placas cerâmicas e piso flutuante laminado de madeira.

Nesse trabalho, o autor constatou que quanto maior a camada de ar entre a face inferior da laje de teto e o forro simples ou sistema conjugado de forros múltiplos, com a adição de material absorvente, maior o desempenho no isolamento do ruído de impacto. Ele concluiu que, para sistemas de forros simples, consegue-se um ganho médio de 3dB na redução do ruído de impacto e de 5dB com o uso de material absorvente. Para os sistemas de forros múltiplos, o ganho varia de 2dB podendo chegar a 6dB com a utilização de material absorvente. Esses ganhos são considerados pequenos para redução do ruído de impacto quando comparados à redução ganha com o uso de tratamentos no piso do ambiente gerador de ruído. Outra desvantagem desse sistema é que, conforme vai se aumentando o número de placas de gesso acartonado e acrescentando-se material absorvente, o sistema torna-se bastante caro.

#### 2.4.2 Recobrimentos elásticos para pisos

Para Sancho (1982), uma laje boa para isolamento aéreo, não é necessariamente boa para isolamento de ruído de impacto. Por exemplo, uma laje de concreto, com massa superior a 350 Kg/ m<sup>2</sup>, se não for submetida a certos cuidados, não oferecerá bom desempenho ao ruído de impacto.

Segundo Brondani (1999) “é importante que o impacto sobre o piso de concreto armado encontre em primeiro lugar um elemento elástico, deformável, que absorva e amortee a vibração transitória gerada”.

Entre as possibilidades existentes de recobrimentos elásticos para piso estrutural, o melhor é um tapete grosso, por ser o recobrimento menos duro, quando comparado a carpetes com pouca espessura, vinílicos, borrachas, linóleos ou feltros, que apresentam pior desempenho, como se constata no quadro 2.

RECOBRIMENTO DO PISO	ISOLAMENTO
Tapete grosso	25 – 35 dB
Carpete	18 – 22 dB
Recobrimento plástico sobre feltro	15 – 19 dB
Linóleo sobre 2 mm de cortiça	15 dB
Linóleo direto	3 a 7 dB

Quadro 2 – Melhora do isolamento a ruído de impacto

Fonte: Sancho (1982, p.66)

Com base nesses dados, Conrad (2002), analisou e testou composições e revestimentos para pisos utilizados na construção civil, submetidos a ruído de impacto, e obteve como principais conclusões:

- Pisos de borracha: o isolamento ao ruído de impacto é diretamente proporcional à sua espessura;
- Carpetes: o isolamento ao ruído de impacto é diretamente proporcional à altura do pêlo, para um mesmo padrão de textura. Uma textura específica, tipo buclê, apresentou resultados que se sobressaíram aos demais, com um desempenho até quatro vezes mais eficiente quando comparado à textura tipo pêlo cortado, na mesma espessura.
- Carpetes com o uso de base isolante: nessa composição, observa-se que o desempenho dos carpetes independe da espessura ou textura, apresentando valores muito próximos em todas as freqüências, o que leva a conclusão de que a base por si só é um excelente isolante do ruído de impacto.

- Pisos laminados de madeira com uso de tapetes: o uso de tapete sobre o piso laminado de madeira apresentou redução do nível de ruído de impacto que variam de 10,8 a 18,6 dB(A), dependendo da textura e da espessura do tapete utilizado, quando comparado ao não uso do tapete.

Os valores de redução de nível de ruído de impacto para os revestimentos descritos, obtidos através do estudo de Conrad (2002), são apresentados na tabela 1.

TABELA 1: Redução do nível de ruído de impacto em revestimentos de pisos

Revestimento de Pisos	$\Delta L - \text{dB(A)}$
Borracha	2,5 a 13,9
Sintéticos	1,3 a 3,0
Carpets	7,6 a 27,7
Carpets com base isolante	33 a 39,1
Laminados madeira+piso flutuante	11
Lam. Madeira+p. flutuantes+tapetes	22,4 a 30,2

Fonte: Conrad (2002, p.93)

Ainda para Conrad(2002), os diferentes materiais para recobrimento elástico devem:

- Apresentar boa resistência mecânica (não enrijecer nem amolecer);
- Apresentar boa resistência química (não se decompor pela umidade);
- Apresentar resistência a perfuração;
- Ser incombustível;
- Ser elástico (baixa rigidez mecânica).

#### 2.4.3 Pisos flutuantes

Um piso normal, quando separado totalmente da estrutura é considerado um piso flutuante. Essa separação entre laje e piso é feita usando-se um material elástico, que tem por função amortecer o ruído de impacto e isolar esse piso da laje estrutural da edificação.

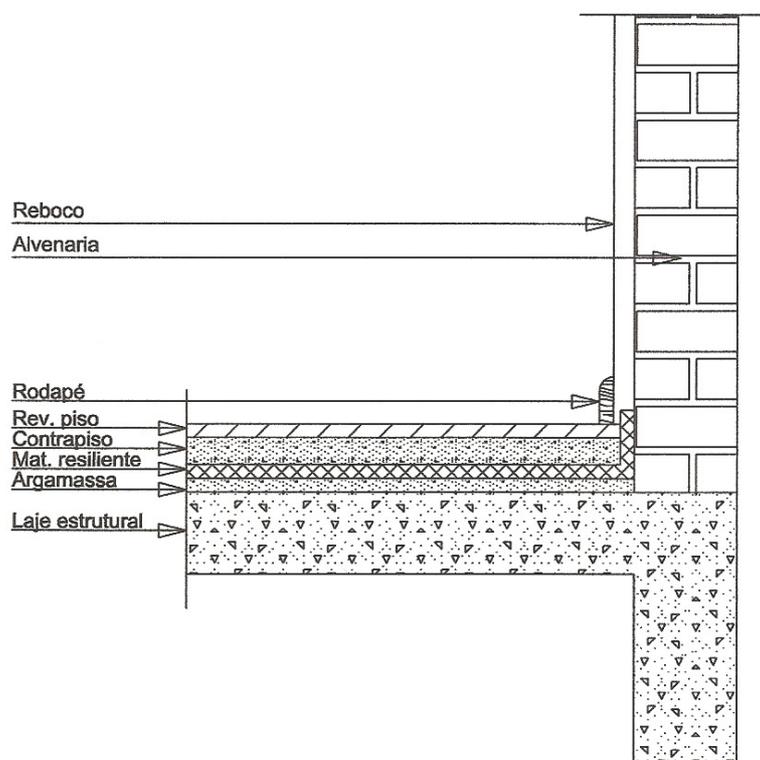


FIGURA 2 – Esquema de uma correta execução de um piso flutuante

Fonte: Adaptado de Gerges, 1992, p. 214

Para se realizar um bom isolamento ao ruído de impacto, deve-se construir uma laje composta de elementos suficientes para que haja uma independência entre os diferentes materiais, desta forma, não deve haver rigidez entre a laje e o piso. O recheio deve ser composto de material que apresente uma resiliência capaz de absorver boa parte das vibrações provocado na laje superior, sendo uma condição essencial para um bom desempenho no isolamento, a não formação de ligações rígidas entre o piso e a estrutura.

A queda de objetos em pisos flutuantes, provocam vibrações, onde uma onda de flexão se propaga por todo o piso, havendo transmissão para a laje suporte através do recheio elástico utilizado, com amortecimento mais ou menos grande de acordo com a natureza e espessura deste material. É muito importante salientar que todo o sistema de amortecimento à ruído de impacto possui uma frequência de ressonância a qual chamamos  $f_0$ , na qual o sistema de isolamento demonstra um enfraquecimento de desempenho sonoro. Isto nos evidencia a importância de identificar esta frequência de ressonância de cada sistema projetado ou utilizado (Brondani, 1999, p.17).

Brondani (1999) analisou “in loco” e comparou diferentes materiais elásticos que cumpriam as condições necessárias para o princípio massa-mola-massa, em que se baseia o piso flutuante, combinados com piso cerâmico e de madeira. Os resultados obtidos pelo autor estão expostos na Tabela 4. Pedroso (2007) fez novos ensaios, em laboratório, desses materiais e de alguns novos lançados no mercado, desta vez com revestimentos de porcelanato e laminado de madeira, cujos resultados encontram-se na Tabela 5. Ambos constataram que, para os pisos por eles ensaiados, o melhor material a ser utilizado como resiliente foi a lã de vidro, que possibilitou ganhos de até 23 dB em relação ao não uso de material elástico.

<b>Composição do modelo</b>	<b>Lnw (dB)</b>
Laje+piso cerâmico	73
Laje+lã vidro 25mm+piso cerâmico	49
Laje+isopor 25mm+p. cerâmico	55
Laje+lençol borracha Mercur+p. cerâmico	62
Laje+piso madeira	67
Laje+lã vidro 25mm+piso madeira	50
Laje+isopor 25mm+ piso madeira	57
Laje+lençol borracha Mercur+ p. madeira	67

Quadro 4 – Lnw (dB) composições com piso cerâmico e madeira

Fonte: Brondani (1999)

<b>Composição do modelo</b>	<b>LnW(dB)</b>
Laje+porcelanato	73
Laje+lã vidro 15mm+porcelanato	50
Laje+ruberflex+porcelanato	62
Laje+polietileno 5mm+porcelanato	65
Laje+isopor 25mm+porcelanato	62
Laje+laminado	75
Laje+lã vidro 15mm+laminado	50
Laje+ruberflex+laminado	67
Laje+polietileno 5mm+laminado	67

Laje+isopor 25mm+laminado	63
---------------------------	----

Quadro 5 – Lnw(dB) composições com porcelanato e laminado de madeira

Fonte: Pedroso (2007)

Mais recentemente, Ferraz (2008), avaliou o comportamento de diversos sistemas construtivos de pisos usualmente utilizados, quanto ao isolamento ao ruído de impacto. Para tanto, ela fez uso de duas suítes sobrepostas em um edifício residencial na cidade de Belo Horizonte. As diversas composições ensaiadas foram caracterizadas por sistemas de multicamadas, compostas de assoalho, contrapiso, material resiliente e laje.

Numa primeira etapa, as composições apresentavam área reduzida de 1m<sup>2</sup>, as chamadas configurações de pisos flutuantes simplificadas. Já na segunda etapa, as composições cobriam toda a laje da suíte do pavimento superior e constavam de 12,94 m<sup>2</sup> de composições de pisos flutuantes, chamadas por ela de configurações de piso flutuante completas. Essas configurações completas ora eram isoladas completamente da parede – o que seria a correta instalação de um piso flutuante – ora não.

Ferraz (2008) calculou a Classe de Isolamento de Impacto (CII) de acordo com a norma ASTM E989:1989 e o Nível de Pressão Sonora de Impacto Normalizado Ponderado (L'nw) segundo a ISO 717-2, após a avaliação dos sistemas de pisos por meio de ensaios de nível de ruído de impacto de pisos, conforme as normas ISO 140-7:1998 e ISO 354:2003.

Tanto nas composições de pisos flutuantes completos, com exceção da configuração que constava apenas da laje, como para as configurações simplificadas, todas obedeciam alguma graduação estabelecida pela FHA (*Federal Housing Administration*), sendo que a maioria apresentou graduação I (recomendada para habitações onde se deseja o máximo de isolamento sonora).

Os resultados de CII e L'nw para configurações simples comparadas às configurações completas foram muito próximos.

O uso do material resiliente para isolar o piso da parede – que configura um piso flutuante corretamente executado – comprovou a melhora no isolamento em relação às configurações onde não houve esse cuidado.

## 2.5 Fatores que influenciam no isolamento de pisos flutuantes

- Natureza da camada elástica;
- Espessura da camada elástica;
- Natureza da laje suporte;
- Sobrecarga da laje.

Segundo Pujolle (1978), os materiais que constituem a camada elástica intervêm no isolamento por sua resistência. À medida que aumentamos sua espessura, diminuimos o fator de rigidez  $k$  e por conseqüência a sua freqüência de ressonância  $f_o$ . Com isso, a curva que representa a variação das freqüências  $f_o$  desliza em direção às baixas freqüências e o nível de ruído de choque  $L_n$  diminui.

Para o isolamento do ruído de impacto, uma freqüência de vibração que é fundamental é a freqüência de ressonância  $f_o$ , dada por:

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Onde:

$m$ : massa de um martelo ou massa do contrapiso + revestimento

$1/k$ : elasticidade do revestimento

Na prática, para freqüências inferiores a  $f_o$ , a melhora no isolamento ocasionado por um material elástico é muito pequena, podendo ser até mesmo negativa para freqüências inferiores muito próximas a ela.

A partir disso, conclui-se que para ter um bom isolamento do ruído de impacto, é necessário que a  $f_o$  seja o menor possível e em consequência o material a ser utilizado como amortecedor do ruído deve ser o mais flexível possível, sem que esta flexibilidade provoque incompatibilidade pela deformação excessiva.

Segundo Brondani (1999, p.21), a empresa Saint-Gobain realizou estudos e constatou que para espessuras entre 5 e 40mm de lã de rocha, à medida que se dobra a espessura do material, tem-se um ganho de 4 dB(A).

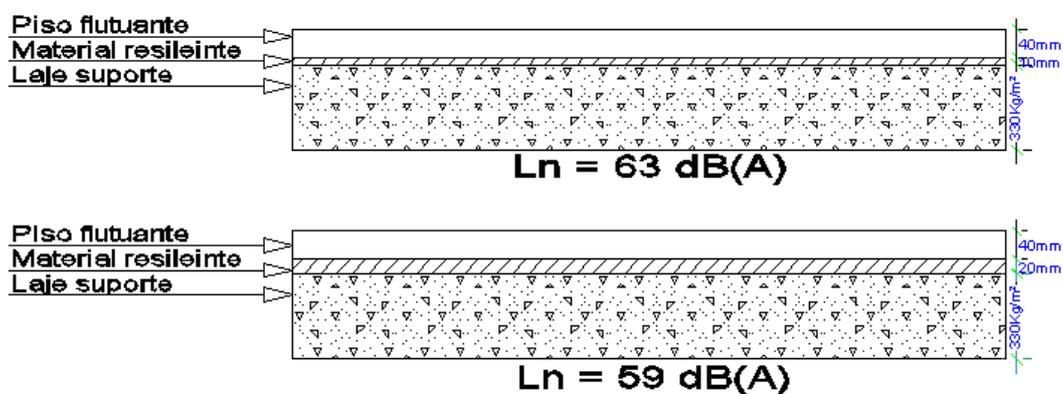


Figura 3 – Natureza e espessura da camada resiliente

Fonte: Brondani 1999, p.21.

Outro fator importante no isolamento de pisos flutuantes é a natureza da laje suporte. Para uma determinada laje, com 16 cm de espessura, o nível de ruído do choque  $L_n$  diminui na proporção de 1 dB(A) quando a espessura aumenta de 1cm, conforme ensaios realizados em laboratórios acústicos. Esta regra é válida considerando lajes em situações idênticas nas construções.

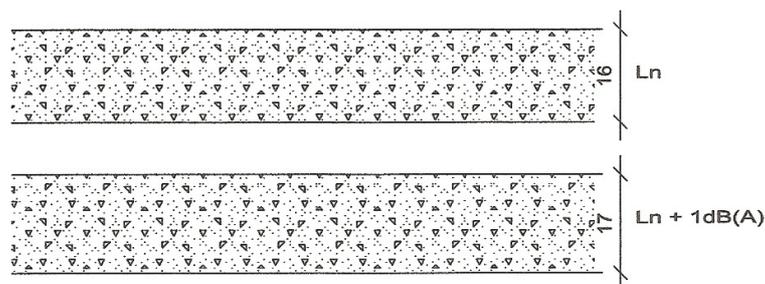


Figura 4 – Espessura da laje suporte

Fonte: Adaptado de Brondani, 1999, p.23.

Além disso, a sobrecarga da laje também pode influenciar no isolamento do ruído de impacto nos pisos flutuantes. Essa sobrecarga se dá devido ao aumento de carga na laje, como por exemplo, pela introdução de móveis, que pode alterar a frequência crítica do sistema de piso, uma vez que o aumento de massa pode aumentar ou diminuir a rigidez dinâmica do material elástico.

## 2.6 Condições para execução do sistema de piso flutuante

A condição principal para a correta instalação do piso flutuante é a de que não haja ligação rígida entre a laje e o piso, a fim de evitar que se formem pontes acústicas entre eles. Caso isso aconteça, as ondas de vibração atravessam o piso flutuante, prejudicando o isolamento do sistema.

Para garantir a total estanqueidade do conjunto é necessário que:

- A face superior da laje suporte deve estar totalmente lisa para evitar qualquer ligação entre ela e o material resiliente;
- Deverá haver homogeneidade na camada resiliente, não havendo espaços entre os elementos que a constituem (Figura 5);

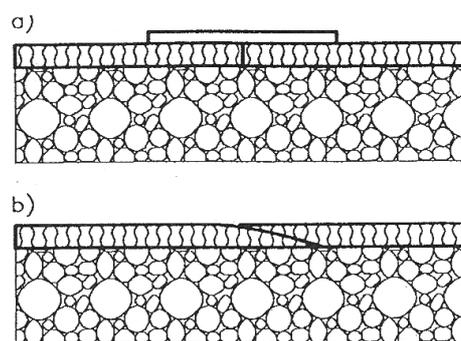


Figura 5 : Homogeneidade na colocação camada resiliente

Fonte: Brondani (1999, p.24)

- Quando houver separação de ambientes, a camada resiliente não deve cobrir inteiramente o local. O correto é que a instalação seja feita conjuntamente entre a parede e a camada resiliente (Figura 6);

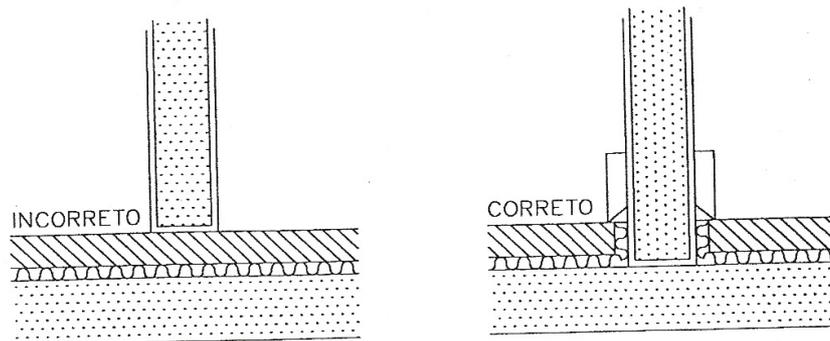


Figura 6: Colocação camada resiliente entre parede

Fonte: Bronani (1999,p.26)

- Nas passagens, com ou sem porta, deve-se fazer a interrupção do piso flutuante com uma junta elástica, devidamente protegida, no espaço entre lajes vizinhas (Figura 7);

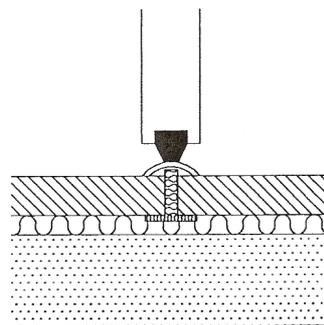


Figura 7: Colocação camada resiliente em vãos

Fonte: Brondani (1999, p.26)

- Se forem colocadas canalizações na laje suporte, deve-se evitar interrupções ou quebras na camada resiliente. A camada deve

ser colocada sobre a canalização, regularizada anteriormente por argamassa (Figura 8);

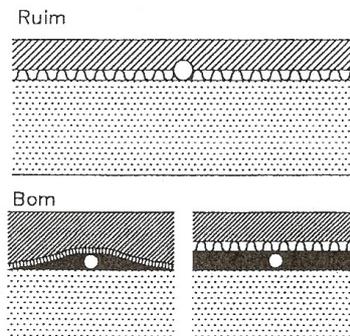


Figura 8: Colocação camada resiliente sobre canalizações

Fonte: Brondani (1999, p.24)

- Canalizações que cruzam a laje flutuante devem ser recobertas com algum material resiliente. As partes da laje que se encontram próximas as canalizações também devem ser revestidas (Figura 9);

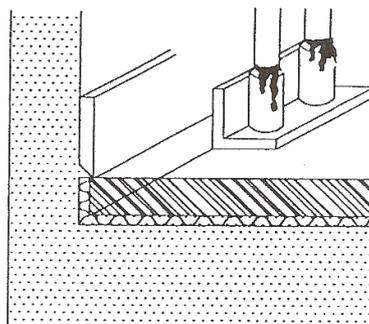


Figura 9: Instalação de canalizações que atravessam a laje

Fonte: Brondani (1999, p.27)

- As bordas do piso não devem ter pontos de contatos com as paredes, divisórias ou equipamentos que possam produzir ruídos. A camada resiliente deve ter borda com 2 ou 3 cm acima

do nível do piso. Uma junta plástica alveolar ou mastique deve ser interposta entre o rodapé e o piso (Figura 10).

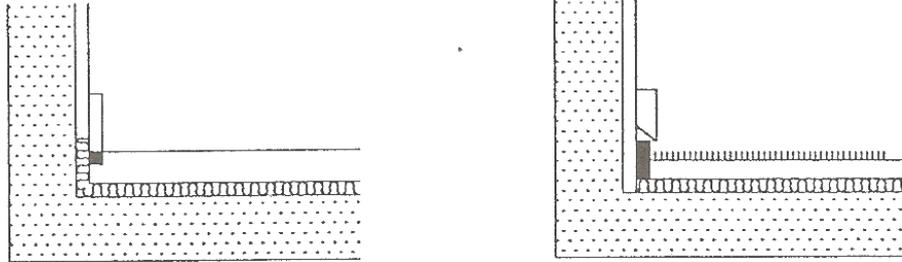


Figura 10: Instalação com bordas.

Fonte: Brondani (1999, p.25)

## CAPÍTULO III

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Aspectos da Norma Internacional – ISO 140/ VI – Relativos às Medições do Ruído de Impacto

A Norma ISO 140/ VI (1978) prescreve os procedimentos para medições do ruído de impacto entre duas salas. A avaliação quantitativa da intensidade do ruído de impacto deve ser feita no recinto receptor, a qual é expressa em Nível de Pressão Sonora de Impacto Estandarizado LnT.

- Nível de pressão sonora média na sala (L):

$$L = 10 \log P^2_1 + P^2_2 + \dots \frac{P^2_n}{nP^2_0}$$

Em que:

$P_1 + P_2 + \dots P_n$  : pressão sonora em  $n$  diferentes posições na sala

$P^2_0 = 20 \mu P_a$  : pressão sonora de referência

- Nível de pressão sonora de impacto (Li): média do nível de pressão sonora, em uma determinada banda de frequência, na sala receptora, quando o piso em teste é excitado pela fonte geradora de impacto. Esta grandeza é denominada Li.

- Nível de pressão sonora de impacto normalizado (L'n): é o nível de pressão sonora acrescentado de um termo de correção, o qual é fornecido em decibéis.

$$L'_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0} dB$$

Em que:

A: área de absorção equivalente do local

$A_0 = 10m^2$  : área de absorção equivalente de referência

- Redução do nível de pressão sonora de impacto (melhora do isolamento ao ruído de impacto): é a diferença entre o nível de pressão sonora de impacto medido na sala receptora antes e após a colocação de um revestimento do piso. Este valor é denominado  $\Delta L$ .

- Equipamento

Como fonte geradora de ruído de impacto foi utilizada uma máquina de impacto normalizada. A máquina é composta de cinco martelos de 500 gramas cada, que caem em queda livre de uma altura de 4 cm. A frequência da queda dos martelos é de dez golpes por segundo.

- Procedimento do teste

A máquina geradora de ruído de impacto deverá ser colocada em, no mínimo, quatro posições diferentes na laje de teste. Se ocorrer anisotropia na construção da laje (vigas e nervuras), poderá ser necessário um número maior de posições.

A máquina de impactos deve ser colocada na sala emissora para medir-se o nível de ruído gerado na sala receptora.

As medições dos níveis de pressão do ruído de impacto recebidos no local devem ser calculadas como a média no espaço e no tempo. A obtenção dessa média se dá usando um determinado número de microfones em posições fixas ou um microfone com “boom” (suporte) rotativo. A finalidade desse procedimento é eliminar possíveis erros gerados pela presença de ondas estacionárias.

Quando, em qualquer banda de frequência, a diferença entre o nível de pressão sonora medido na sala receptora e o ruído de fundo for menor que 10

dB, tem que ser feitas correções, conforme tabela fornecida pela referida Norma.

### **3.2 Considerações sobre a Norma ISO 717 – 2**

A Norma ISO 717-2 (1996) – International Organization for Standardization – Acoustic – rating of sound insulation in building elements – Part 2: Impact sound insulation – descreve um método de avaliação do nível de isolamento acústico de um local da edificação contra os ruídos de impacto. Essa norma prescreve o tratamento matemático que deve ser dado aos resultados obtidos das medições realizadas segundo a ISO 140. Para tanto é utilizada a confrontação do perfil de desempenho do material analisado com o perfil linearizado do desempenho acústico ao ruído de impacto de uma laje de 16 cm de espessura.

Este perfil, que é chamado de perfil deslizante, é colocado sobreposto num gráfico à curva de desempenho do sistema que está sendo analisado. Nesse gráfico, o eixo das abscissas é formado pelas faixas de frequências – em terços de oitava – e o eixo das ordenadas, graduado em decibel, de tal forma que o perfil de referência deslize para baixo e para cima, de um em um decibel.

Esse método se baseia no fundamento de que o perfil de referência desloca-se de tal forma que parte do desempenho do sistema em análise fique negativo nas seguintes condições: a diferença máxima negativa não deve exceder a 8 dB. A soma dos valores em terços de oitava deve ser o mais próximo possível de 32 dB, com a atenção para que esse valor não seja ultrapassado. O número único do desempenho acústico com referência ao ruído de impacto do sistema ensaiado será o valor do perfil de referência (deslizante) medido em dB, para a frequência de 500 Hz, e caracterizará o desempenho acústico do material, cuja nomenclatura será  $L'_{n,w}$ .

### 3.3 Local dos ensaios

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Termo-Acústica (LaTA) da Universidade Federal de Santa Maria, em câmaras construídas especificamente para testes de medição de ruído de impacto. O conjunto é composto por duas câmaras sobrepostas e separadas por uma laje de concreto com espessura de 12 cm. As paredes são de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos com espessura de 14 cm, com reboco no lado interno e sem reboco no lado externo. A porta dupla, em madeira, tem seus batentes vedados com borracha, o que lhe garante um bom isolamento a ruídos externos.

A câmara de emissão ou sala geradora de ruído, situada no pavimento superior, é o local onde o ruído é gerado por uma máquina de impacto. Sob ela encontra-se a câmara de recepção, onde o ruído é medido como nível de pressão sonora por um microfone e analisado pelos equipamentos descritos no item 3.4.

Os procedimentos dos ensaios seguiram a Norma ISSO 140- VI (1978), que determina como os mesmos devem ser executados.

### 3.4 Equipamentos utilizados

Os equipamentos utilizados nas medições foram:

- analisador SoLo, Tipo 1, marca 01dB, com seu software próprio para ensaios de ruído de impacto (Figura 11) e microfone próprio do equipamento;
- máquina geradora de ruído de impacto Tapping machine type 4224, marca B&K (Figura 12);
- calibrador Sound level, type 4230 – 94dB – 100Hz, marca B&K (Figura 13);
- fonte sonora Sound source type 4224, marca B&K (Figura 14);
- Tripé para apoio do microfone.



Figura 11 – Analisador SoLo



Figura 12 – Máquina geradora de ruído de impacto



Figura 13 - Calibrador



Figura 14 – Fonte sonora



Figura 15 – Tripé (na imagem, com o microfone utilizado).

### **3.5 Relação e especificação dos materiais analisados**

Os revestimentos de madeira natural foram submetidos aos testes em diferentes composições junto ao material resiliente, a fim de testar e comparar a composição mais adequada. Optou-se por amostras simplificadas de 1m<sup>2</sup>, a fim de viabilizar economicamente a realização do trabalho, uma vez que o objetivo do mesmo é apenas a comparação entre os diferentes sistemas e composições e não o fornecimento de laudo técnico sobre a performance do material.

### 3.5.1 Relação dos materiais ensaiados – Revestimentos de pisos

#### 3.5.1.1 Tábua corrida de madeira Ipê – Assoalho

Marca: fornecedor local

Dimensões: 10cm x 100cm x 2 cm (Largura x Comprimento x Espessura)

Observações: assentamento no contrapiso de 3.2cm de altura, traço 1:3, com barrotes de 3x3cm pregados ao tabuão.

A figura 16 mostra um corte da amostra analisada e a figura 17 uma foto da mesma.

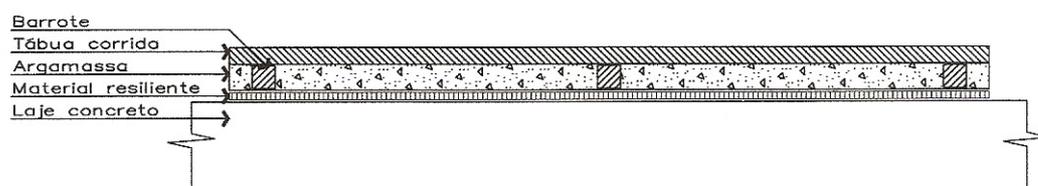


Figura 16 – Esquema amostra tábua corrida



Figura 17 – Amostra de tábua corrida de Ipê ensaiada

### 3.5.1.3 Tacos de madeira

Marca: fornecedor local

Dimensões: 7cm x 21cm x 2cm (Largura x Comprimento x Espessura)

Observações: fixação no contrapiso de 4cm de altura, traço 1:3, com pregos. Na face inferior dos tacos, foi aplicada uma demão de piche asfáltico.

A figura 18 mostra um corte da amostra ensaiada e a figura 19 uma foto da mesma.

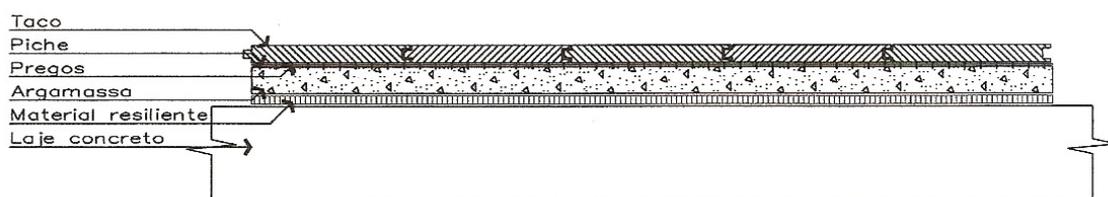


Figura 18 – Esquema da amostra de tacos de madeira



Figura 19 – Amostra de tacos de madeira ensaiada

### 3.5.2 Relação dos materiais ensaiados – Materiais resilientes

#### 3.5.2.1 Lã vidro

Nome fantasia/ Fabricante: Optima Piso, Isover do Brasil, sucursal brasileira da Saint-Gobain Vidros S.A.

Características: placas de lã de vidro, revestidas de material plástico impermeável.

Dimensões: 120cm x 120cm

Espessura: 15mm

Densidade: 60 Kg/ m<sup>3</sup>

Cor: amarela

A foto da amostra de lã de vidro ensaiada pode ser vista na figura 20.

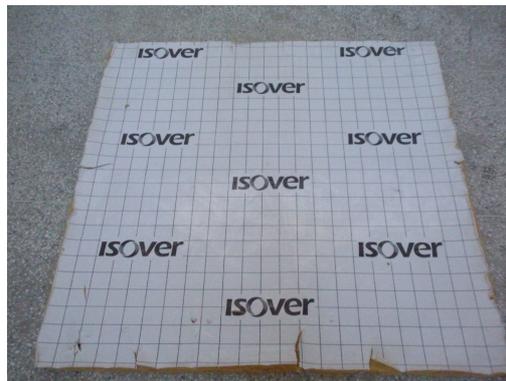


Figura 20 – Amostra lã de vidro

#### 3.5.2.2 Manta de espuma de polietileno de células fechadas

Nome fantasia/ Fabricante: Eucasoft Premium, Eucatex.

Características: bobinas de manta, com dimensões variáveis e espessura de 5mm.

Dimensões: 70cm x 102cm

Espessura: 5mm

Cor: amarela

A foto da manta de polietileno ensaiada pode ser vista na figura 21.



Figura 21 – Amostra manta polietileno

### 3.5.2.3 Poliestireno expandido

Nome fantasia/ Fabricante: Isopor, produzido pela Kauf-Isopor.

Características: placas com dimensões variáveis, espessura ensaiada de 25mm.

Dimensões: 100cm x 102cm

Espessura: 25 mm

Densidade: 27,5 Kg/ m<sup>3</sup>

Cor: branca

A foto da amostra de isopor ensaiada pode ser vista na figura 22.



Figura 22 – Amostra isopor

### 3.6 Procedimentos das medições

Sobre a laje de piso da câmara de emissão foram apoiadas as amostras. Quando se tratava de uma composição com material resiliente, este era apoiado diretamente sobre a laje, e sobre ele apoiado o contrapiso com o revestimento específico para o ensaio. Sobre o revestimento foi apoiada a máquina geradora de ruídos, que simula o “sapatear” de uma pessoa. Sob a laje encontra-se a câmara de recepção, onde o ruído que passa pela composição foi medido como nível de pressão sonora pelo microfone. Esses dados são transmitidos por um cabo para uma terceira sala, onde fica o analisador SoLo conectado a um microcomputador. Nessa sala fica o operador dos aparelhos. Tanto as amostras na câmara de emissão quanto a posição do microfone na câmara de recepção precisam ser alteradas por um auxiliar, ou pelo próprio operador, que só entra nas salas no momento da alteração. As câmaras de emissão e de recepção do Laboratório de Termo-Acústica da UFSM encontram-se instaladas conforme o corte da figura 23.

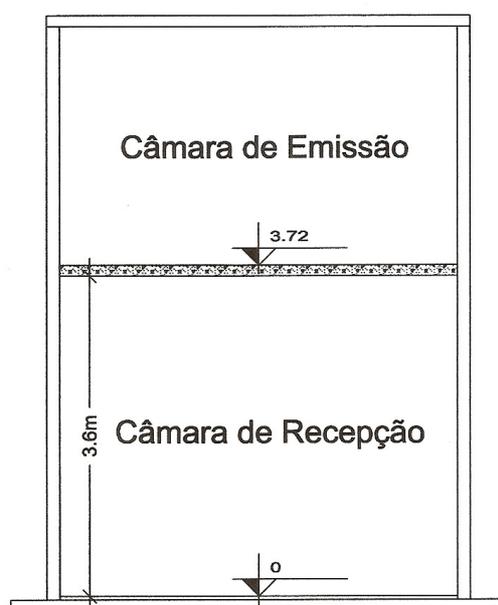


Figura 23: Corte esquemático das câmaras para medir ruído de impacto da UFSM.

A máquina geradora de ruído foi colocada em quatro posições distintas em cima da amostra. O microfone foi deslocado para três diferentes pontos, para cada medição, sendo que foram feitas 2 repetições para cada composição, totalizando seis resultados para cada posição da máquina geradora de ruído sobre a amostra. Desses resultados fez-se uma média que foi utilizada no cálculo do  $L'_{nw}$ .

### 3.6.1 Medição do desempenho acústico de cada amostra

O primeiro passo após a montagem dos equipamentos é a calibragem do sistema de medição. Este é calibrado em 94dB na frequência de 1000Hz, com uma tolerância de 2%, para mais ou para menos.

Seguem-se as medições de tempo de reverberação –TR – na sala de recepção e do ruído de fundo. Isso feito, parte-se para as medições do  $L_n$  de cada amostra, conforme descrito anteriormente.

Feitas as medições para cada amostra, fazem-se as análises dos resultados segundo a ISO 140/VI e o tratamento matemático dos resultados segundo a ISO 717/2.

## CAPÍTULO IV

### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

#### 4.1 Representação gráfica dos resultados obtidos

##### 4.1.1 Amostra 1 – Laje de entrepiso sem revestimento

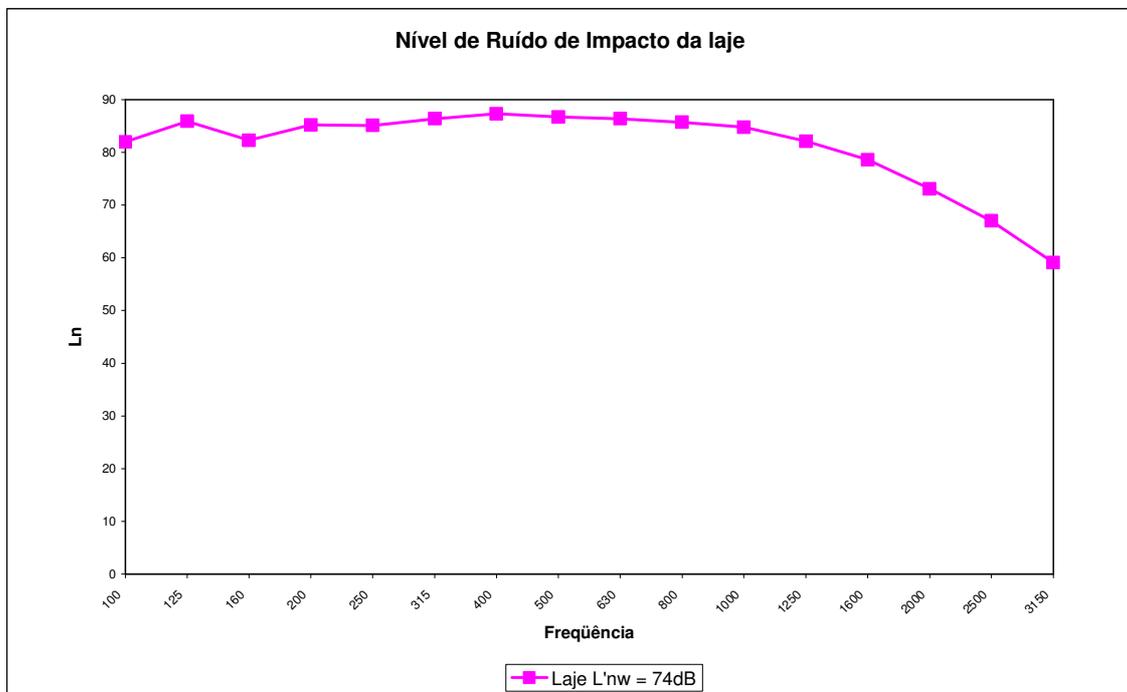


Figura 24: Gráfico Nível Ruído de Impacto da Amostra 1 – L'nw = 74dB

4.1.2 Conjunto A – Composições que apresentam tábua corrida de Ipê – assoalho – como revestimento final, somada a laje e material resiliente (sem contrapiso).

TABELA 2: Parcial A

Amostra	Composição	L'nw
2	Assoalho + laje	69 dB
3	Assoalho + Eucasoft + laje	61 dB
4	Assoalho + isopor + laje	63 dB
5	Assoalho + lã de vidro + laje	60 dB

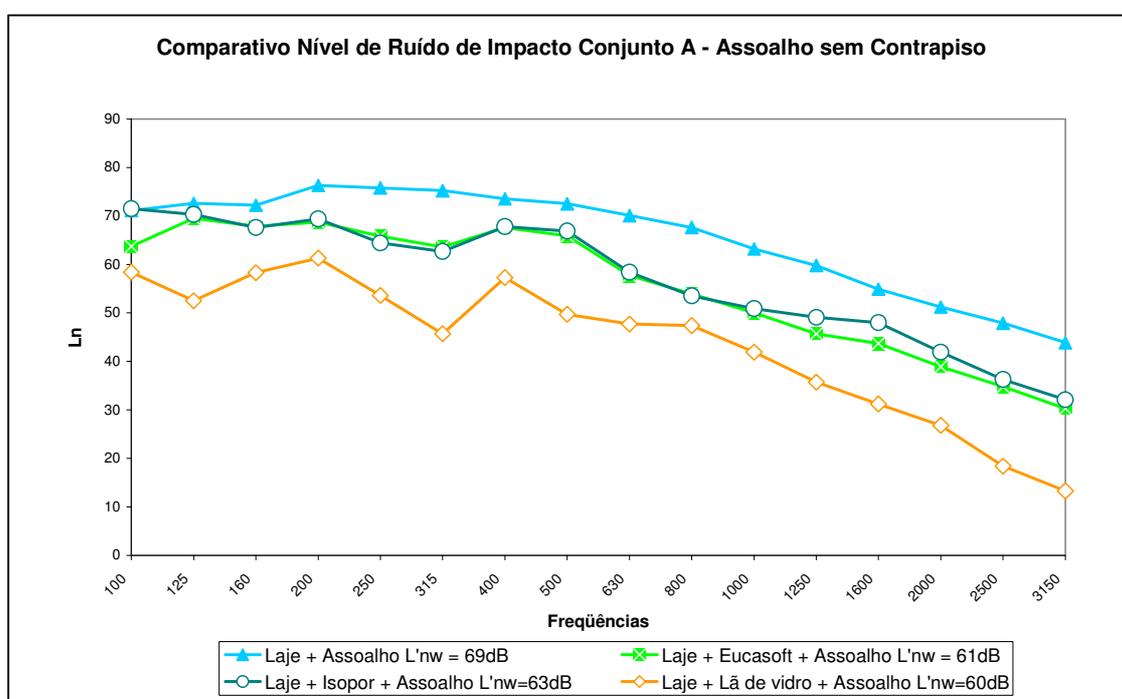


Figura 25: Gráfico Nível Ruído de Impacto do Grupo A

Pode-se observar a eficiência da técnica de pisos flutuantes em todas as composições analisadas, quando comparadas à técnica tradicional de assentamento.

#### 4.1.2.1 Amostra 2 – Tábua corrida/ Assoalho + laje

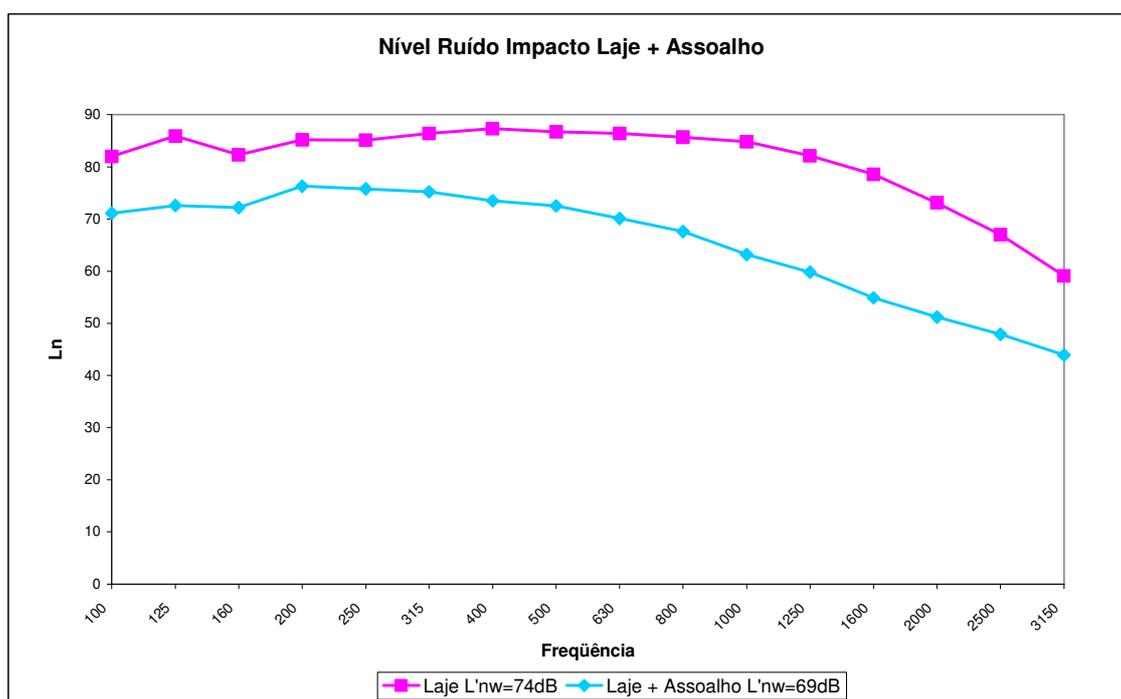
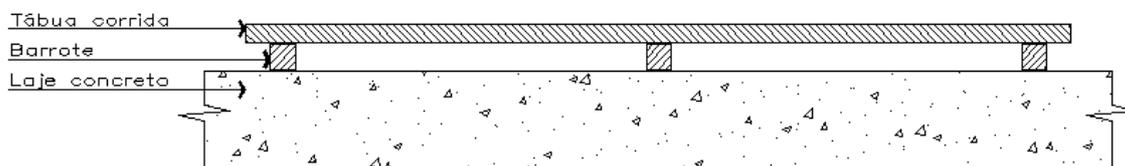


Figura 26: Gráfico Nível Ruído de Impacto da amostra 2 –  $L'_{nw} = 69\text{dB}$

Com a colocação de assoalho sem contrapiso, tem-se uma melhora do  $L'_{nw}$  de 5dB no isolamento ao ruído de impacto em relação a laje sem revestimento. Pode-se observar, no gráfico, uma melhora do desempenho no isolamento sonoro em todas as freqüências analisadas. Salientam-se as freqüências 1000Hz, 1250Hz e 1600Hz com melhora no  $L'_{nw}$  na ordem de 23dB.

#### 4.1.2.2 Amostra 3 –Tábua corrida/ Assoalho + Eucasoft + laje

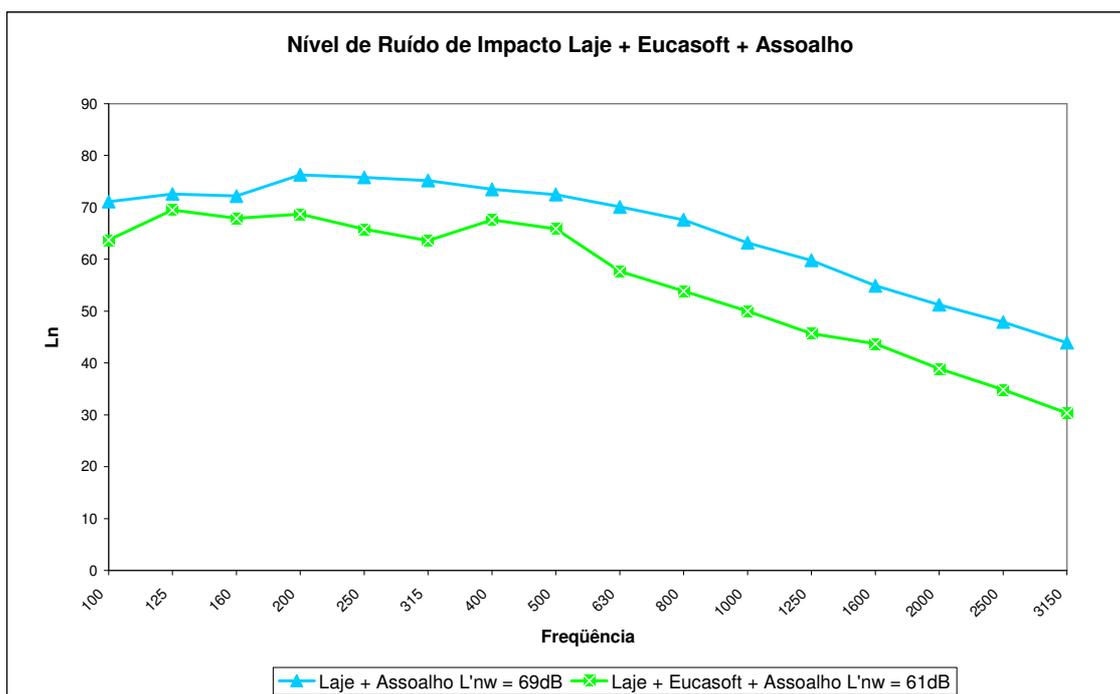
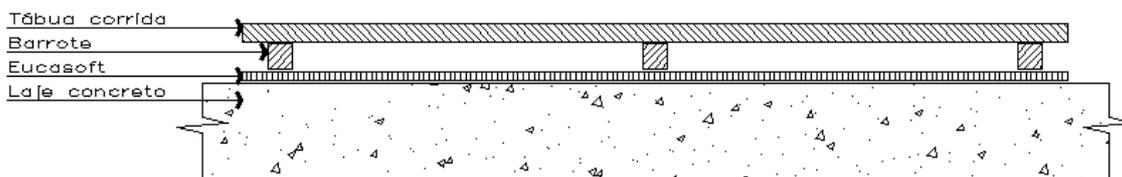


Figura 27: Gráfico Nível de Ruído de Impacto da amostra 3 – L'nw=61dB

O uso da manta de Eucasoft proporciona melhora no isolamento a ruído de impacto de 8dB, quando comparadas às composições sem o material resiliente, de revestimentos de assoalho de madeira sem contrapiso. A melhora de desempenho se dá em todas as freqüências analisadas.

#### 4.1.2.3 Amostra 4 – Tábua corrida/ Assoalho + isopor + laje

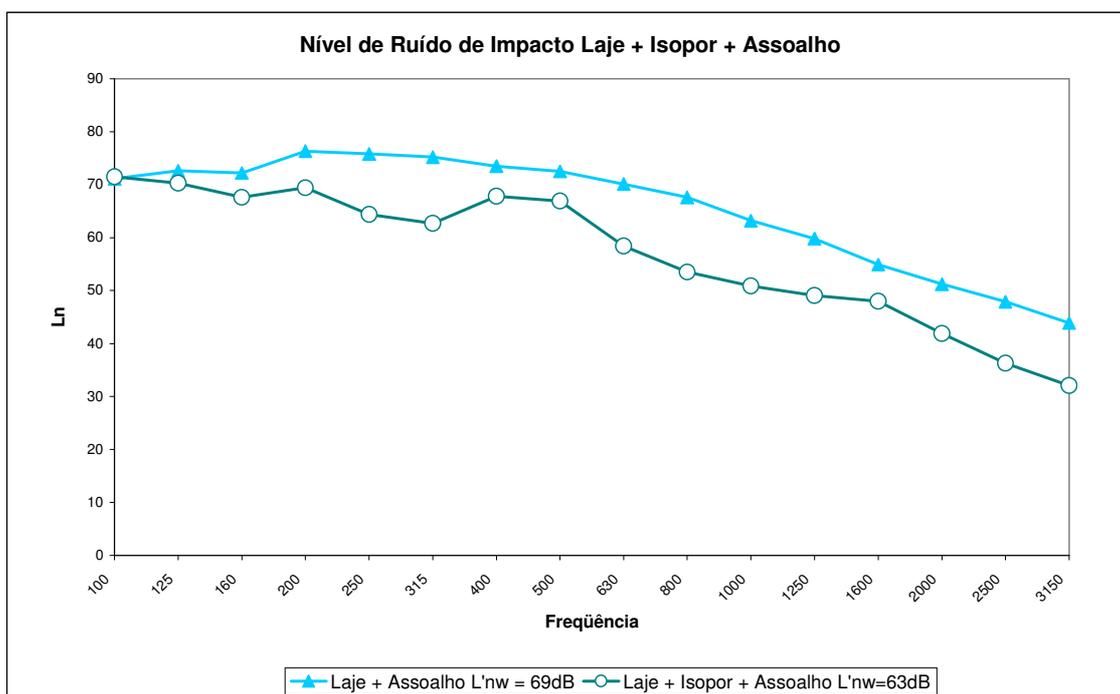
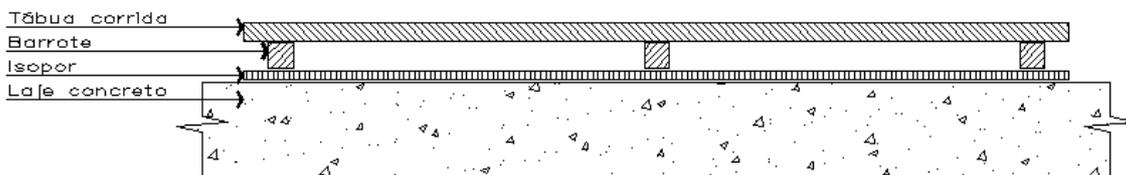


Figura 28: Gráfico Nível de Ruído de Impacto da amostra 4 – L'nw = 63dB

Ao analisar uma composição de assoalho de madeira sem contrapiso com isopor interposto a laje de entrepiso, verifica-se uma melhora de 4dB em relação a mesma composição sem o material resiliente. Na freqüência de 100Hz, ambas as composições apresentam nível de ruído de impacto na ordem de 70dB, mas com o aumento da freqüência ocorre o aumento do isolamento ao ruído de impacto nas composições com isopor.

#### 4.1.2.4 Amostra 5 – Tábua corrida/ Assoalho + lâ de vidro + laje

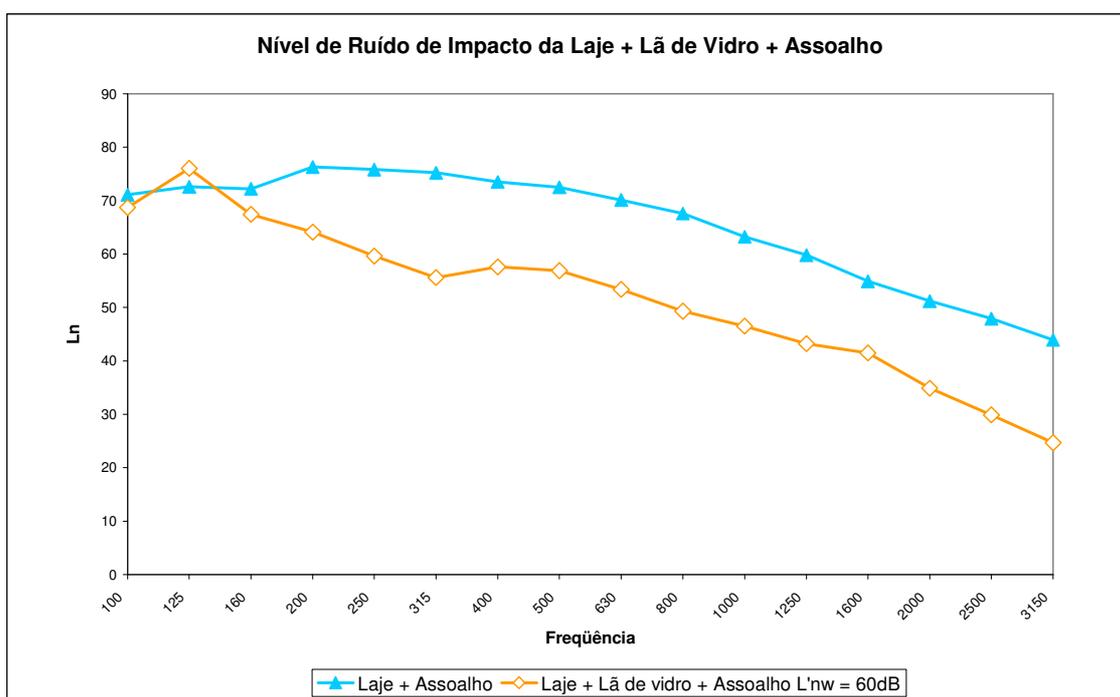
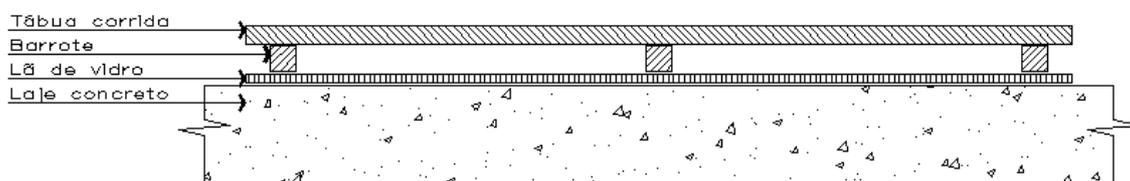


Figura 29: Gráfico Nível de Ruído de Impacto da amostra 5 –  $L'_{nw} = 60\text{dB}$

A lâ de vidro, quando usada como material resiliente, para composições com assoalho de madeira – sem contrapiso – como revestimento final, proporciona ganho de 9dB de isolamento ao ruído de impacto. A partir de 160Hz pode-se notar uma melhora efetiva nas composições que fazem uso desse material resiliente.

#### 4.1.3 Conjunto B - Composições feitas com tábuas corridas/ assoalho de Ipê – diferentes do conjunto A pela adição de contrapiso.

TABELA 3: Parcial B

Amostra	Composição	L'nw
6	Assoalho + contrapiso + laje	66 dB
7	Assoalho+contrapiso+Eucasoft +laje	63 dB
8	Assoalho+contrapiso+isopor+laje	60 dB
9	Assoalho+contrapiso+lã vidro+laje	50 dB

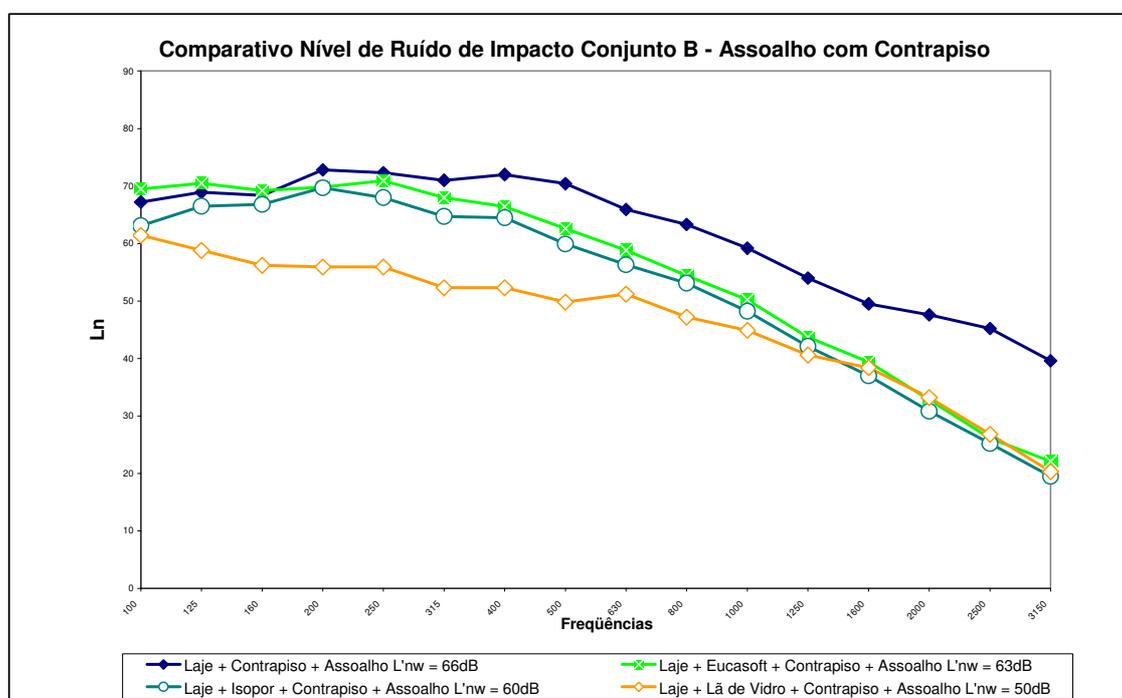


Figura 30: Gráfico Nível de Ruído de Impacto Grupo B

Na figura 30, pode-se vislumbrar claramente a eficiência da técnica de pisos flutuantes quanto ao isolamento ao ruído de impacto.

#### 4.1.3.1 Amostra 6 – Tábua corrida Ipê + contrapiso + laje

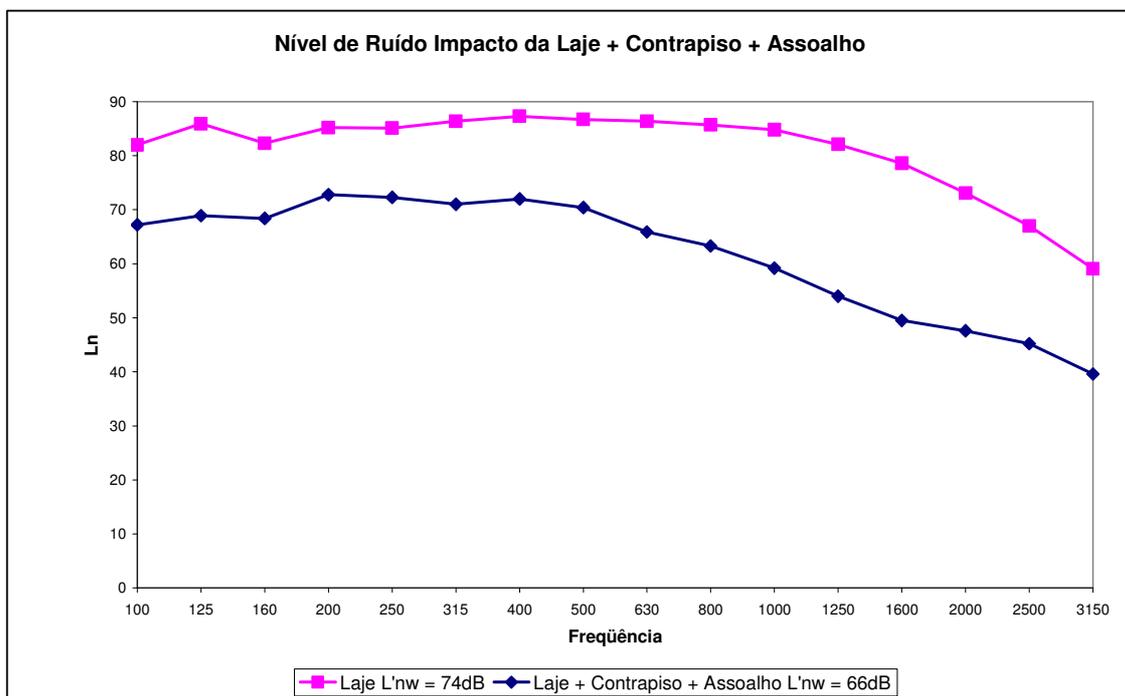
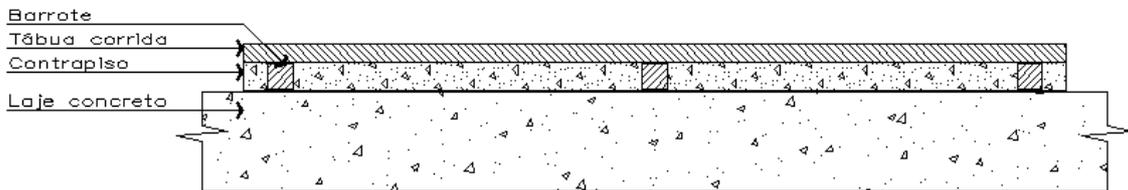


Figura 31: Gráfico Nível de Ruído de Impacto da amostra 6 – L'nw = 66dB

A laje de entrepiso, quando revestida com assoalho de madeira e contrapiso, apresenta uma melhora no isolamento ao ruído de impacto de 8dB em relação ao isolamento da laje de entrepiso sem revestimento. A melhora no desempenho é percebida em todas as freqüências analisadas.

#### 4.1.3.2 Amostra 7 – Tábua corrida/ Assoalho+ contrapiso + Eucasoft + laje

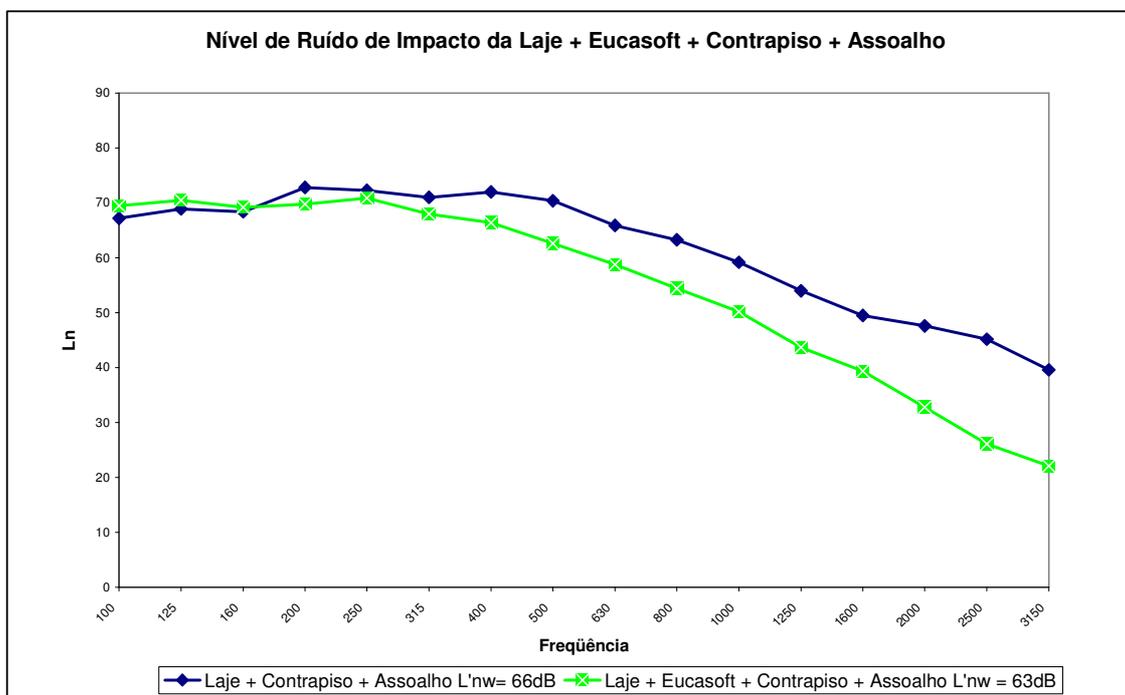
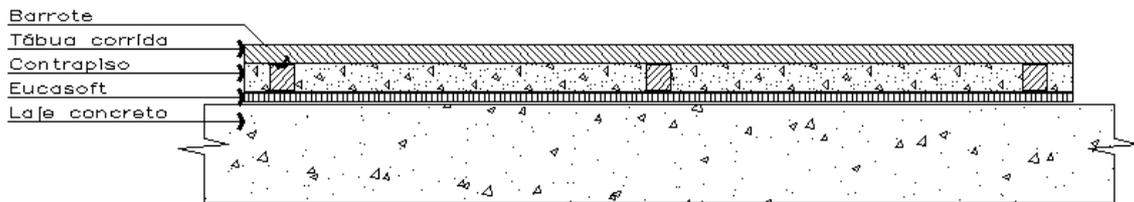


Figura 32: Gráfico Nível de Ruído de Impacto da amostra 7 –  $L'_{nw} = 63\text{dB}$

Nas frequências mais baixas, o uso da manta de Eucasoft não acrescenta desempenho no isolamento a ruído de impacto das composições com assoalho e contrapiso. A partir de 315Hz, a composição começa a ter ganhos no isolamento. Conforme podemos observar no gráfico, a melhora vai se tornando cada vez maior com o aumento das frequências.

#### 4.1.3.3 Amostra 8 – Tábua corrida/ Assoalho + contrapiso + isopor +laje

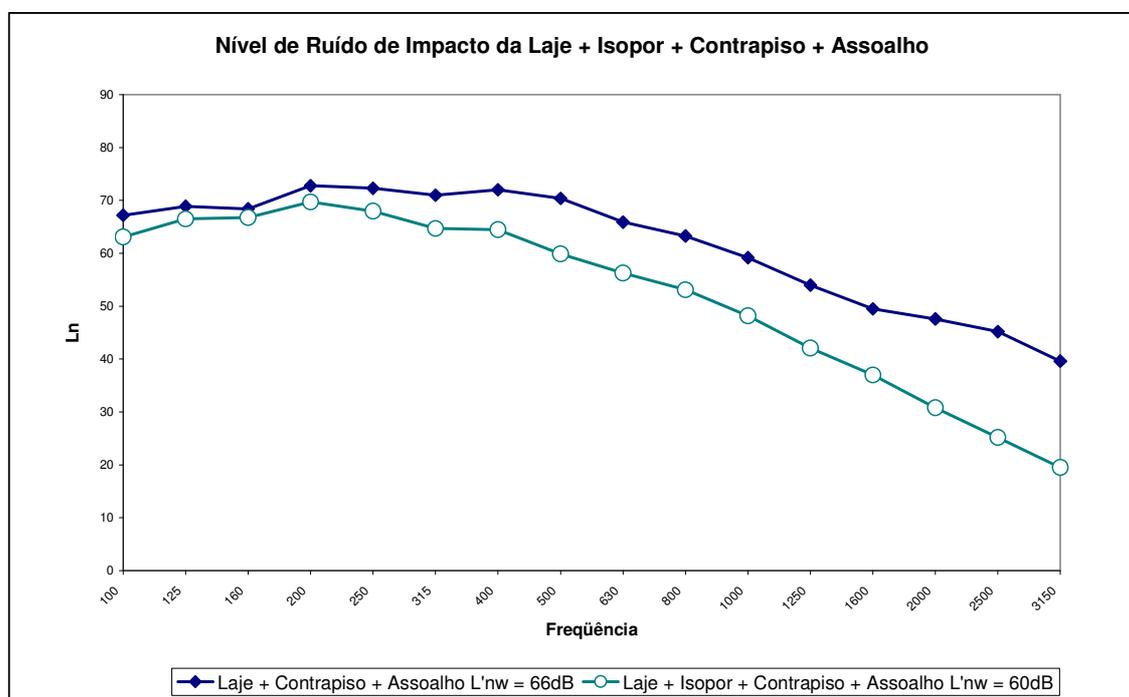
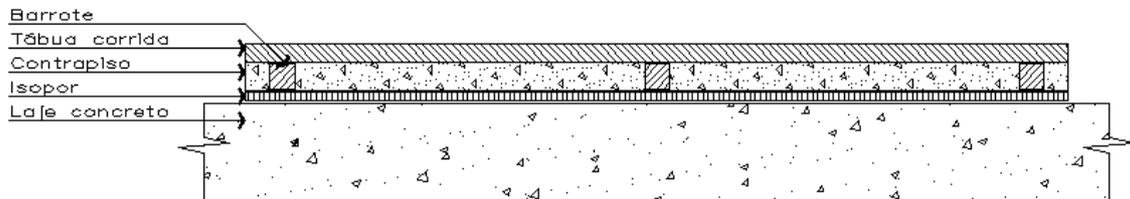


Figura 33: Gráfico Nível de Ruído de Impacto da amostra 8 L'nw = 60dB

O uso do isopor como material resiliente nas composições com assoalho somado a contrapiso melhora em 6dB o isolamento a ruído de impacto. A partir de 200Hz , a melhora é ampliada com o aumento de frequência.

#### 4.1.3.4 Amostra 9 – Tábua corrida/ Assoalho + contrapiso + lã de vidro + laje

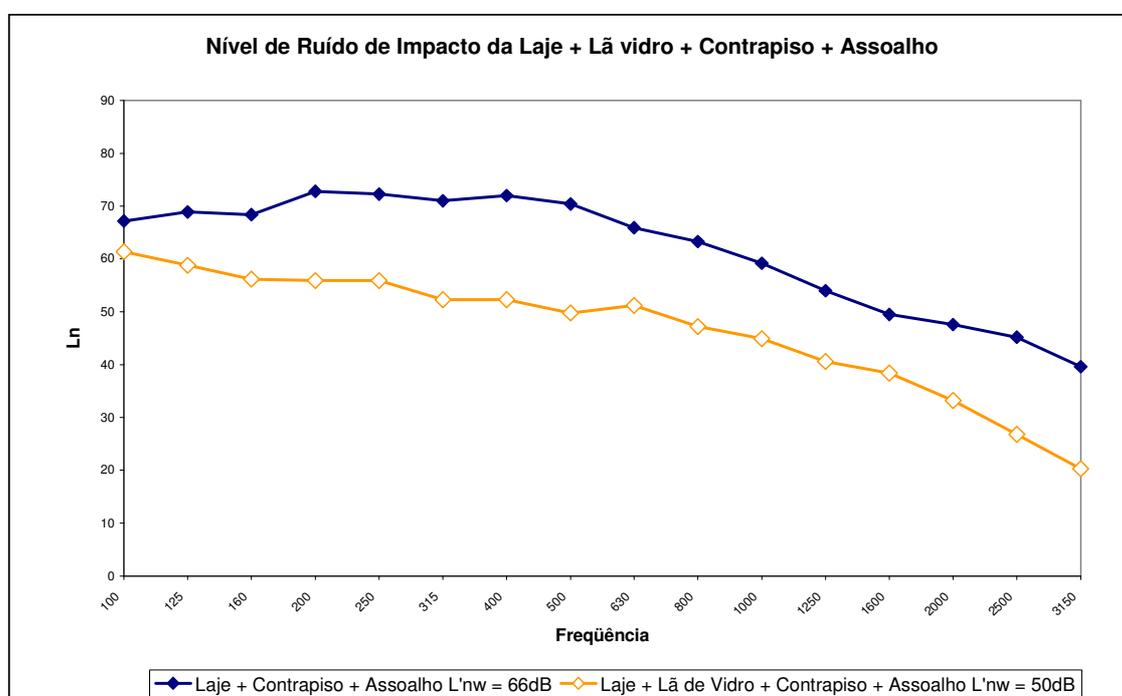
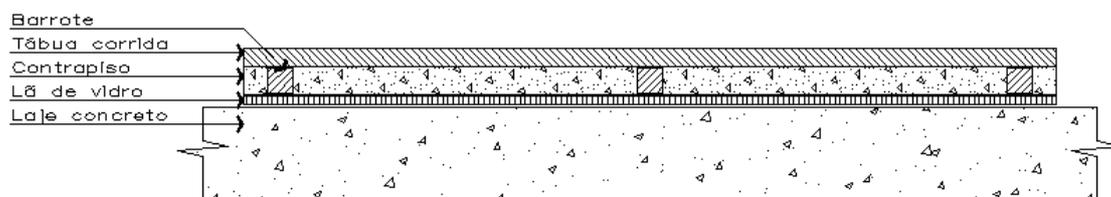


Figura 34: Gráfico Nível de Ruído de Impacto da amostra 9 – L'nw = 50dB

A lã de vidro possibilita ganhos de 16dB no isolamento a ruído de impacto nas composições de assoalho de madeira com contrapiso, quando comparadas às composições sem o material resiliente. Essa melhora é observada em todas as freqüências analisadas.

#### 4.1.4 Conjunto C – engloba as composições com tacos de madeira como revestimento.

TABELA 4 – Parcial C

Amostra	Composição	L'nw
10	Tacos + contrapiso + laje	71 dB
11	Tacos+contrapiso+Eucasoft + laje	62 dB
12	Tacos + contrapiso + isopor + laje	61 dB
13	Tacos+contrapiso+lã vidro+ laje	50 dB

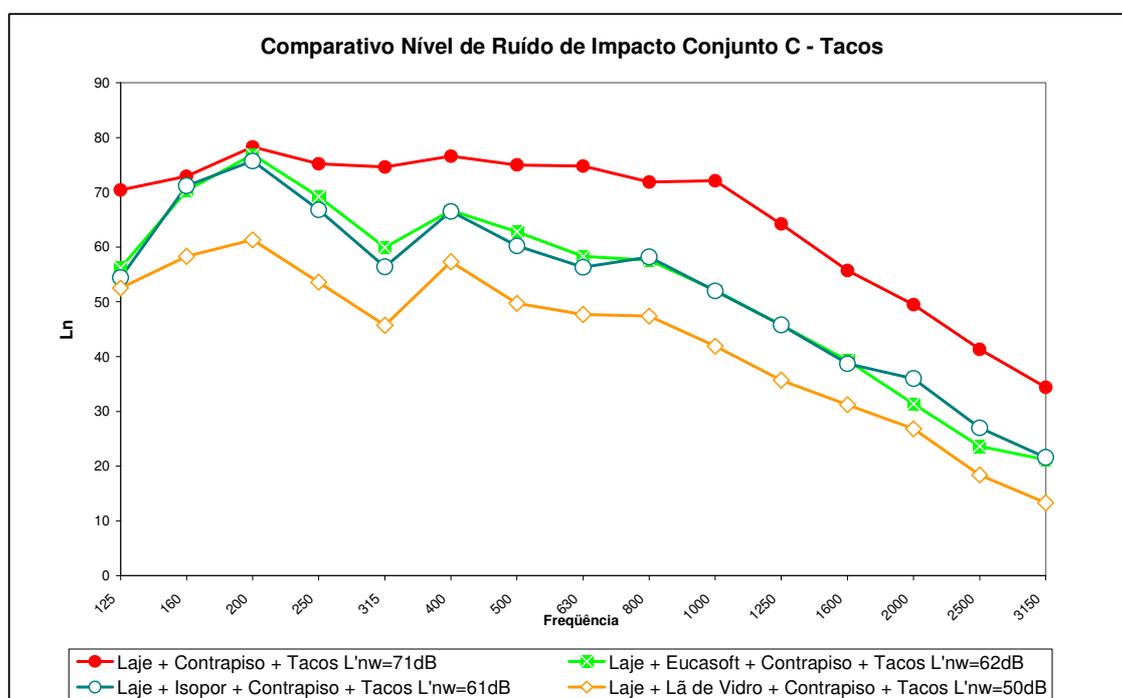


Figura 35: Gráfico Nível Ruído de Impacto Grupo C

Através do gráfico de desempenho, fica evidente a eficácia de pisos flutuantes, em relação ao tradicional, quanto ao isolamento ao ruído de impacto.

#### 4.1.4.1 Amostra 10 – Taco + contrapiso + laje

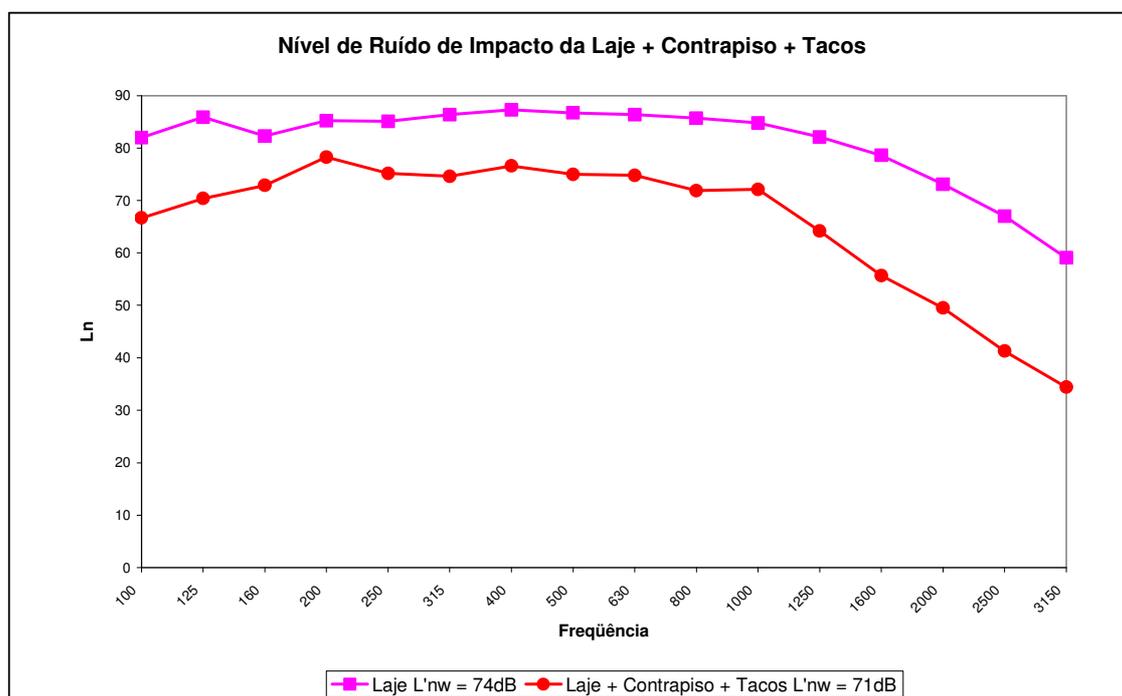
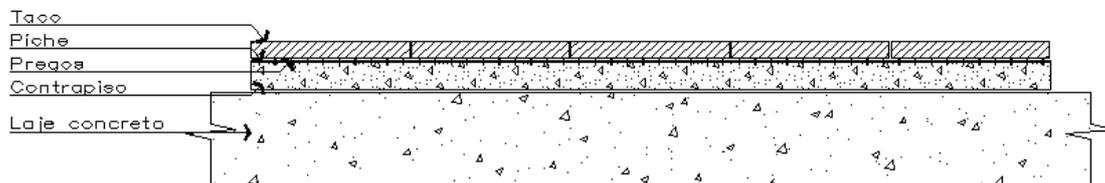


Figura 36: Gráfico Nível de Ruído de Impacto da amostra 10  $L'_{nw} = 71\text{dB}$

O uso dos tacos de madeira, na configuração ensaiada, oferece melhora de 3dB em relação aos ensaios realizados com laje de entrepiso sem revestimento, em todas as freqüências analisadas.

#### 4.1.4.2 Amostra 11 – Taco + contrapiso + Eucasoft + laje

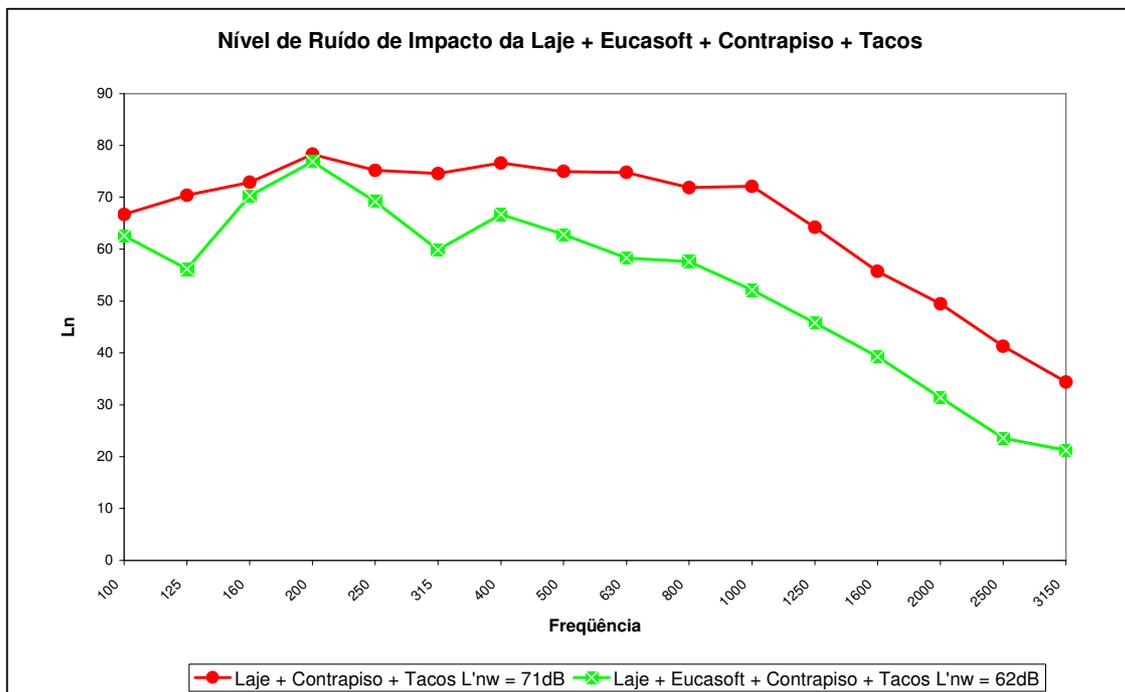
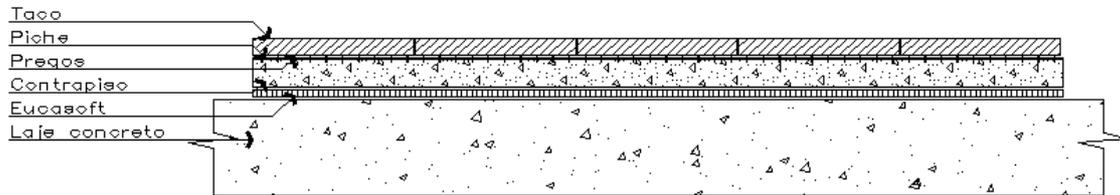


Figura 37: Gráfico Nível de Ruído de Impacto da amostra 11 L'nw = 62dB

Com o uso do Eucasoft, consegue-se melhorar em 9dB o isolamento ao ruído de impacto para composições com tacos de madeira e contrapiso. A melhora pode bem ser percebida nas frequências acima de 250Hz.

#### 4.1.4.3 Amostra 12 – Taco + contrapiso + isopor + laje

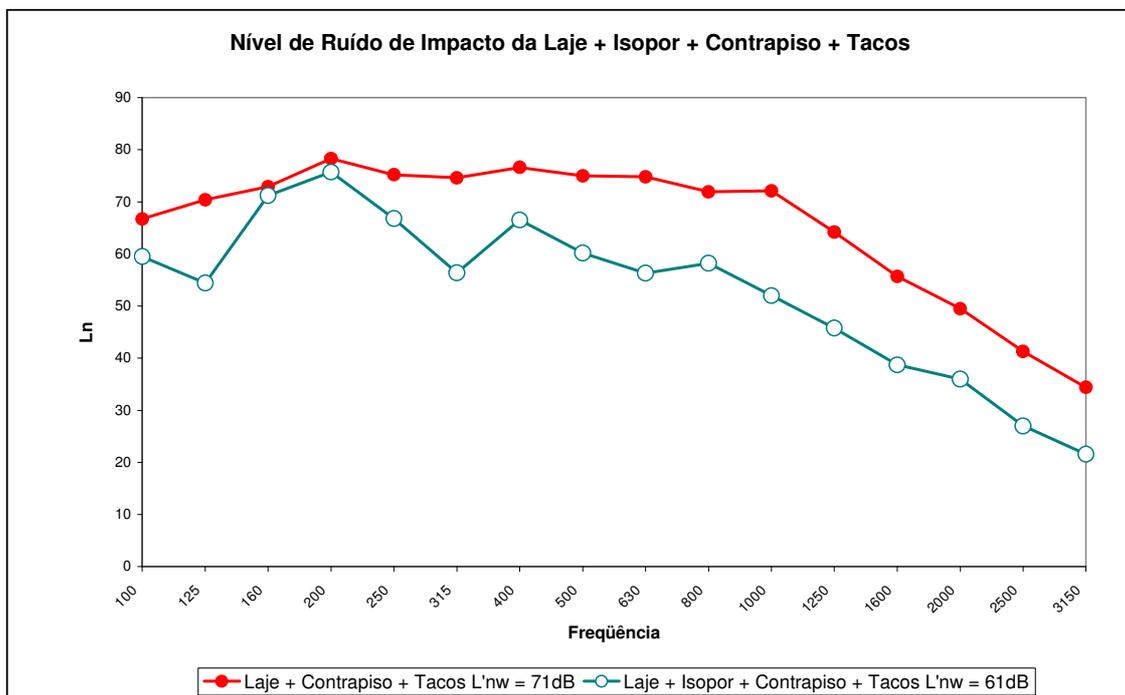
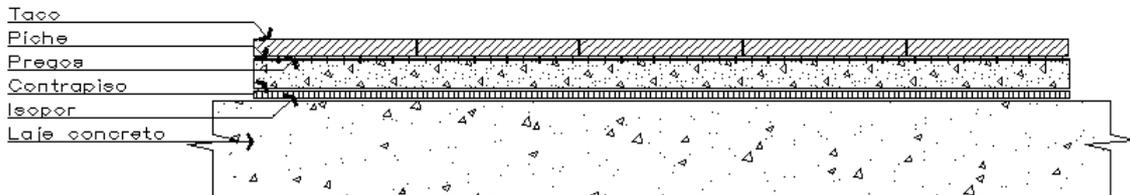


Figura 38: Gráfico Nível de Ruído de Impacto da amostra 12 -  $L'_{nw} = 61\text{dB}$

O isopor, quando usado como material resiliente, nas composições com tacos e contrapiso, possibilita melhora no isolamento a ruído de impacto de 10dB. A partir de 250Hz, essa melhora pode bem ser percebida.

#### 4.4.1.4 Amostra 13 – Taco + contrapiso + lâã de vidro + laje

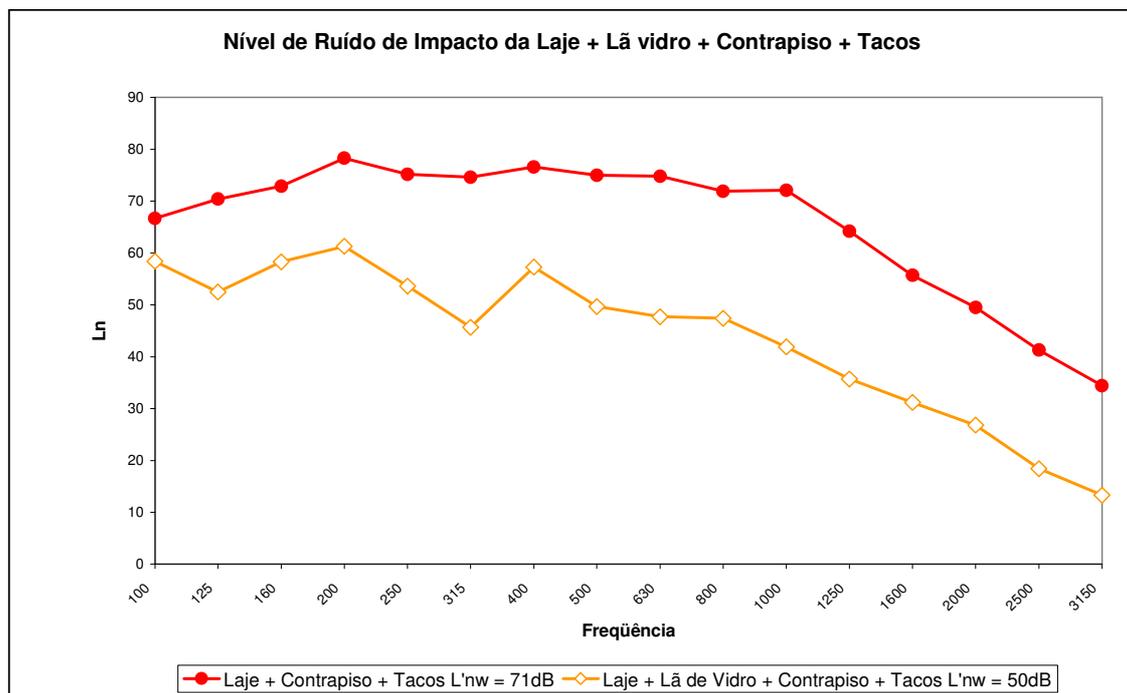
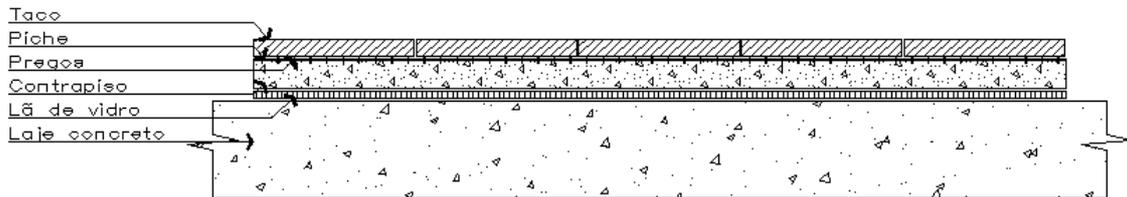


Figura 39: Gráfico Nível de Ruído de Impacto da amostra 13 – L'nw = 50dB

A lâã de vidro possibilita melhora de 21dB quando usada como material resiliente, nas composições com tacos de madeira e contrapiso. A melhora se dá em todas as freqüências analisadas.

## **CAPÍTULO V**

### **5 CONCLUSÕES**

#### **5.1 Considerações Finais**

Apesar do grande avanço tecnológico em diversas áreas, a construção civil convive, ainda hoje, com técnicas semelhantes às usadas pelas gerações anteriores. As novidades são maiores na área de revestimentos e não de sistemas construtivos. Mas, de nada adianta um ambiente esteticamente bom se ele não for confortável. Ao apagar a luz para descansar no interior de seu dormitório, a beleza dos revestimentos de nada servirá, mas o caminhar do seu vizinho insistirá em incomodar.

Uma solução que reduz esse incômodo é o uso de pisos flutuantes corretamente executados, como foi visto no decorrer do trabalho. Seu uso deve ser previsto em projeto, o que muitas vezes não é possível, pois o indivíduo adquire seu imóvel já em fase de acabamentos. Para isso, têm que fazer uso de técnicas menos eficazes, como forros falsos, para amenizar o problema.

Alguns trabalhos acadêmicos têm sido feitos tendo como tema o ruído de impacto, com objetivo de testar e comparar desde materiais de revestimentos, materiais resilientes até lajes suporte, em diferentes sistemas e composições. Espera-se que com o aumento de material disponível sobre o problema, tanto os profissionais da construção civil comecem a tomar cuidado com as obras desde a sua concepção, quanto os consumidores passem a exigir que isso seja feito.

## 5.2 Conclusões

Comparando-se tábua corrida de Ipê – assoalho – assentado com e sem o contrapiso, pode-se observar claramente a vantagem do sistema com contrapiso, conforme demonstram os dados da tabela 5:

Tabela 5: Comparativo do nível de ruído de impacto das amostras de assoalho de madeira com e sem contrapiso

<b>Assoalho de madeira</b>	<b>SEM contrapiso</b>	<b>COM contrapiso</b>
Sem material resiliente	L'nw = 69dB	L'nw = 66dB
Com Eucasoft	L'nw = 61dB	L'nw = 63dB
Com isopor	L'nw = 63dB	L'nw = 60dB
Com lã de vidro	L'nw = 60dB	L'nw = 50dB

Pode-se constatar que o aumento da massa no sistema com contrapiso trouxe vantagens significativas para o isolamento ao ruído de impacto – a exceção das composições com Eucasoft – com destaque para composições com lã de vidro que apresentaram  $\Delta L'_{nw}$  de 10dB em relação ao sistema sem contrapiso.

Para as composições ensaiadas, a lã de vidro destaca-se como melhor material resiliente para isolamento a ruído de impacto, atingindo um  $L'_{nw}=50$ dB para composições com contrapiso.

Comparando-se os gráficos das composições com manta de espuma de polietileno de células fechadas – Eucasoft – e poliestireno expandido – isopor – pode-se observar que as curvas de desempenho têm comportamentos semelhantes em todos os ensaios realizados.

### Assoalho sem contrapiso    Assoalho com contrapiso    Tacos com contrapiso

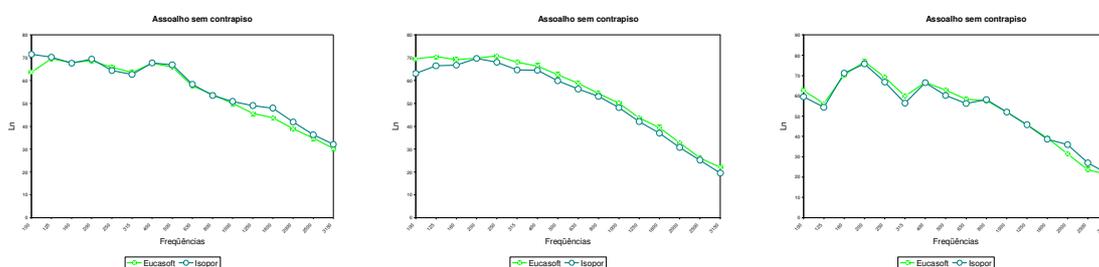


Figura 40 – Gráficos comparativos do  $L'_{nw}$  das composições com Eucasoft ou Isopor

Com relação às técnicas tradicionais de construção (pisos não-flutuantes), conclui-se que o revestimento de taco de madeira é o que tem pior desempenho em relação ao isolamento a ruído de impacto em relação aos materiais ensaiados.

Tabela 6 – Comparativo  $L'_{nw}$  das composições sem material resiliente – método tradicional de assentamento (não-flutuante)

Assoalho – sem contrapiso	Assoalho – com contrapiso	Tacos – com contrapiso
<b><math>L'_{nw} = 69\text{dB}</math></b>	<b><math>L'_{nw} = 66\text{dB}</math></b>	<b><math>L'_{nw} = 71\text{dB}</math></b>

Ao analisar os gráficos de desempenho, em terços de oitava, salienta-se que o sistema de piso flutuante de tacos foi o que apresentou maior vantagem em relação ao sistema tradicional (não-flutuante), conforme as tabelas 7 e 8:

Tabela 7 – Comparativo  $L'_{nw}$  das composições com material resiliente (lã de vidro) – sistemas de pisos flutuantes

Assoalho – sem contrapiso	Assoalho – com contrapiso	Tacos – com contrapiso
<b><math>L'_{nw} = 60\text{dB}</math></b>	<b><math>L'_{nw} = 50\text{dB}</math></b>	<b><math>L'_{nw} = 50\text{dB}</math></b>

Tabela 8 – Comparativo  $\Delta L'_{nw}$  das composições sem material resiliente e com lã de vidro

Assoalho – sem contrapiso	Assoalho – com contrapiso	Tacos – com contrapiso
<b><math>\Delta L'_{nw} = 9\text{dB}</math></b>	<b><math>\Delta L'_{nw} = 16\text{dB}</math></b>	<b><math>\Delta L'_{nw} = 21\text{dB}</math></b>

Conclui-se, por fim, que a técnica de piso flutuante é de grande vantagem, uma vez que possibilita grandes ganhos no isolamento ao ruído de impacto, conforme os dados apresentados.

### 5. 3 Sugestões para trabalhos futuros

- Testar composições com revestimentos de madeira natural menos densas, oriundas de reflorestamento, como Eucalipto e Pinus;
- Testar composições com materiais resilientes alternativos, como borrachas e outros produtos elásticos reciclados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tratamento acústico em recintos fechados:** NBR 12179. Rio de Janeiro, 1992. 21p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos.** NBR projeto 02:136.01-001/1:2005. Rio de Janeiro, 2005.

ARCH-TEC- Edificações e Tecnologias do Conforto Ambiental e Impermeabilizações Ltda. – Acústica arquitetônica. Disponível em <http://www.arch-tec.com.br>- Acesso em 23Set2008.

BRONDANI, S. A. **Pisos flutuantes: análise da performance acústica para ruído de impacto.** 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Maria- PPGEC, Santa Maria, 1999. 65p.

CONRAD, L. S. **Estudo comparativo entre diversos revestimentos para pisos quanto ao isolamento do ruído de impacto.** 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Maria- PPGEC, Santa Maria, 2002. 142p.

FERRAZ, R. **Atenuação de ruído de impacto em pisos de edificações de múltiplos pavimentos.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Minas Gerais – PPGEE, Belo Horizonte, 2008. 155p.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle.** 1º ed., Florianópolis, Ed. Biliboteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina, 1992. 600p.

MEDEIROS, P.R.S. **Forros em gesso acartonado: combinações de utilização e desempenho como isolantes acústicos para ruído de impacto.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria – PPGEC, Santa Maria, 2003. 199p.

MÉNDEZ, A. M.; STORNINI, A. J.; SALAZAR, E. B.; et. Al. **Acústica Arquitectônica.** 1º ed., Província de Buenos Aires, Argentina, 1994. 238p.

PEDROSO, M.A.T. **Estudo comparativo entre as modernas composições de pisos flutuantes quanto ao isolamento ao ruído de impacto.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria – PPGEC, Santa Maria, 2007. 143p.

PUJOLLE, J. **La pratique de l'isolation acoustique des batiments.** Paris-França, Moniteur, 1978. 573p.

SANCHO, V. M.; SENCHERMES, A. G. **Acústica en Arquitectura**. Colégio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM). Madrid, 1982. 215p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. **Estrutura e apresentação de monografias, dissertações e teses**. 6ed. Revista e ampliada. Santa Maria: UFSM, 2006. 67p.

INTERNATIONAL STANDART. **Acoustics- rating of sound insulation in building and of building elements, Part 2: Impact sound insulation**. ISO 717-2, 1996. 12p.

\_\_\_\_\_. **Measurement of sound insulation in building elements- Part VII: Field measurements of impact sound insulation of floors**. ISO 140/ VII, 1978. 5p.

\_\_\_\_\_. **Évaluation de l'isolement acoustique des habitations**. ISO 717, 1968. 5p.

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE A – Valores do Ln, por frequência, e cálculo do nível de ruído de impacto das amostras, segundo a ISO 140/ VI.**

**AMOSTRA 1 – Laje de entrepiso sem revestimento.**

Tipo	Ln / Ln,w (ISO 140-6)	
resolução do eixo X		1/mar
Data		29/7/2008 10:01
localização		
Comentários		
Canal		
Hz	dB	
	100	82
	125	85,9
	160	82,3
	200	85,2
	250	85,1
	315	86,4
	400	87,3
	500	86,7
	630	86,4
	800	85,7
	1000	84,8
	1250	82,1
	1600	78,6
	2000	73,1
	2500	67
	3150	59,1
Valor padrão	Ln / Ln,w (ISO 140-6) = 84 (-3)	

## AMOSTRA 2 – Laje de entrepiso + tábua corrida de Ipê/ assoalho

Tipo	Ln / Ln,w (ISO 140-6)	
resolução do eixo X		1/mar
Data		29/7/2008 10:25
localização		
Comentários		
Canal		
Hz	dB	
	100	71,1
	125	72,6
	160	72,2
	200	76,3
	250	75,8
	315	75,2
	400	73,5
	500	72,5
	630	70,1
	800	67,6
	1000	63,2
	1250	59,8
	1600	54,9
	2000	51,2
	2500	47,9
	3150	43,9
Valor padrão	Ln / Ln,w (ISO 140-6) = 69 (-1)	

### AMOSTRA 3 – Laje de entrepiso + Eucasoft + tábua corrida de Ipê/ assoalho

Laje+Eucasoft+assoalho		
ID		3
Família	Autoespectro	
Tipo	Ln / Ln,w (ISO 140-6)	
resolução do eixo X		1/mar
Data		29/7/2008 11:12
localização		
Comentários		
Canal		
Hz	dB	
	100	63,7
	125	69,5
	160	67,9
	200	68,7
	250	65,8
	315	63,6
	400	67,6
	500	65,9
	630	57,7
	800	53,9
	1000	50
	1250	45,7
	1600	43,7
	2000	38,9
	2500	34,8
	3150	30,3
Valor padrão	Ln / Ln,w (ISO 140-6) =	61 (0)

### AMOSTRA 4 – Laje de entepiso + isopor + tábua corrida de Ipê/ assoalho

Laje+isopor+assoalho		
ID		3
Família	Autoespectro	
Tipo	Ln / Ln,w (ISO 140-6)	
resolução do eixo X		1/mar
Data		29/7/2008 10:53
localização		
Comentários		
Canal		
Hz	dB	
	100	71,5
	125	70,3
	160	67,6
	200	69,4
	250	64,4
	315	62,7
	400	67,8
	500	66,9
	630	58,4
	800	53,5
	1000	50,9
	1250	49,1
	1600	48
	2000	41,9
	2500	36,3
	3150	32,1
Valor padrão	Ln / Ln,w (ISO 140-6) = 63 (-1)	

## AMOSTRA 5 – Laje de entrepiso + lâ de vidro + tábua corrida de Ipê/ assoalho

Laje+lâ de vidro+assoalho		
ID		3
Família	Autoespectro	
Tipo	Ln / Ln,w (ISO 140-6)	
resolução do eixo X		1/mar
Data		29/7/2008 10:42
localização		
Comentários		
Canal		
Hz	dB	
	100	68,7
	125	76
	160	67,4
	200	64,1
	250	59,6
	315	55,6
	400	57,6
	500	56,9
	630	53,4
	800	49,3
	1000	46,5
	1250	43,2
	1600	41,5
	2000	34,9
	2500	29,9
	3150	24,7
Valor padrão	Ln / Ln,w (ISO 140-6) = 60 (3)	

## AMOSTRA 6 – Laje de entrepiso + contrapiso + tábua corrida de Ipê/ assoalho

Laje+contrapiso+assoalho		
ID		3
Família	Autoespectro	
Tipo	Ln / Ln,w (ISO 140-6)	
resolução do eixo X		1/mar
Data		20/8/2008 10:11
localização		
Comentários		
Canal		
Hz	dB	
	100	67,2
	125	68,9
	160	68,4
	200	72,8
	250	72,3
	315	71
	400	72
	500	70,4
	630	65,9
	800	63,3
	1000	59,2
	1250	54
	1600	49,5
	2000	47,6
	2500	45,2
	3150	39,6
Valor padrão	Ln / Ln,w (ISO 140-6) = 66 (-1)	

**AMOSTRA 7 – Laje de entrepiso + contrapiso + Eucasoft + tábua corrida de Ipê/ assoalho**

Laje+contrapiso+eucasoft+assoalho		
ID		3
Família	Autoespectro	
Tipo	Ln / Ln,w (ISO 140-6)	
resolução do eixo X		1/mar
Data		20/8/2008 10:26
localização		
Comentários		
Canal		
Hz	dB	
	100	69,5
	125	70,5
	160	69,2
	200	69,8
	250	70,9
	315	68
	400	66,4
	500	62,6
	630	58,8
	800	54,4
	1000	50,2
	1250	43,7
	1600	39,4
	2000	32,8
	2500	26,1
	3150	22,1
Valor padrão	Ln / Ln,w (ISO 140-6) = 63 (0)	

## AMOSTRA 8 – Laje de entrepiso + contrapiso + isopor + tábua corrida de Ipê/ assoalho

Laje+contrapiso+isopor+assoalho.		
ID		3
Família	Autoespectro	
Tipo	Ln / Ln,w (ISO 140-6)	
resolução do eixo		
X		1/mar
Data		20/8/2008 10:33
localização		
Comentários		
Canal		
Hz	dB	
	100	63,1
	125	66,5
	160	66,8
	200	69,7
	250	68
	315	64,7
	400	64,5
	500	59,9
	630	56,3
	800	53,1
	1000	48,2
	1250	42,1
	1600	37
	2000	30,8
	2500	25,2
	3150	19,5
Valor padrão	Ln / Ln,w (ISO 140-6) = 60 (0)	

## AMOSTRA 9 – Laje de entrepiso + contrapiso + lâ de vidro + tábua corrida de Ipê/ assoalho

Laje+contrapiso+lâ de vidro+assoalho		
ID		3
Família	Autoespectro	
Tipo	Ln / Ln,w (ISO 140-6)	
resolução do eixo X		1/mar
Data		20/8/2008 10:19
localização		
Comentários		
Canal		
Hz	dB	
	100	61,4
	125	58,8
	160	56,2
	200	55,9
	250	55,9
	315	52,3
	400	52,3
	500	49,8
	630	51,2
	800	47,2
	1000	44,9
	1250	40,6
	1600	38,4
	2000	33,2
	2500	26,8
	3150	20,3
Valor padrão	Ln / Ln,w (ISO 140-6) = 50 (1)	

## AMOSTRA 10 – Laje de entrepiso + contrapiso + tacos de Madeira

Laje+contrapiso+tacos		
ID		3
Família	Autoespectro	
Tipo	Ln / Ln,w (ISO 140-6)	
resolução do eixo		
X		1/mar
Data		7/8/2008 11:42
localização		
Comentários		
Canal		
Hz	dB	
	100	66,7
	125	70,4
	160	72,9
	200	78,3
	250	75,2
	315	74,6
	400	76,6
	500	75
	630	74,8
	800	71,9
	1000	72,1
	1250	64,2
	1600	55,7
	2000	49,5
	2500	41,3
	3150	34,4
Valor padrão	Ln / Ln,w (ISO 140-6) = 71 (-1)	

## AMOSTRA 11 – Laje de entrepiso + contrapiso + Eucasoft + tacos de madeira

Laje+contrapiso+eucasoft+tacos		
ID		3
Família	Autoespectro	
Tipo	Ln / Ln,w (ISO 140-6)	
resolução do eixo X		1/mar
Data		20/8/2008 11:02
localização		
Comentários		
Canal		
Hz	dB	
	100	62,6
	125	56,2
	160	70,3
	200	76,9
	250	69,2
	315	59,9
	400	66,7
	500	62,8
	630	58,3
	800	57,6
	1000	52,1
	1250	45,8
	1600	39,3
	2000	31,4
	2500	23,6
	3150	21,2
Valor padrão	Ln / Ln,w (ISO 140-6) = 62 (2)	

## AMOSTRA 12 – Laje de entrepiso + contrapiso + isopor + tacos de madeira

Laje+contrapiso+isopor+tacos		
ID		3
Família	Autoespectro	
Tipo	Ln / Ln,w (ISO 140-6)	
resolução do eixo		
X		1/mar
Data		20/8/2008 11:08
localização		
Comentários		
Canal		
Hz	dB	
	100	59,5
	125	54,4
	160	71,2
	200	75,7
	250	66,8
	315	56,4
	400	66,5
	500	60,2
	630	56,3
	800	58,2
	1000	52
	1250	45,8
	1600	38,7
	2000	36
	2500	27
	3150	21,6
Valor padrão	Ln / Ln,w (ISO 140-6) = 61 (2)	

### AMOSTRA 13 – Laje de entrepiso + contrapiso + lã de vidro + tacos de madeira

Laje+contrapiso+lã de vidro+tacos		
ID		3
Família	Autoespectro	
Tipo	Ln / Ln,w (ISO 140-6)	
resolução do eixo		
X		1/mar
Data		20/8/2008 10:52
localização		
Comentários		
Canal		
Hz	dB	
	100	58,4
	125	52,5
	160	58,3
	200	61,3
	250	53,6
	315	45,7
	400	57,3
	500	49,7
	630	47,7
	800	47,4
	1000	41,9
	1250	35,7
	1600	31,2
	2000	26,8
	2500	18,4
	3150	13,3
Valor padrão	Ln / Ln,w (ISO 140-6) = 50 (1)	