

# RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE RUÍDO

Santa Maria, setembro de 2015

Laudo Acústico vinculado à RRT Nº 3946459

RUA CASEMIRO DE ABREU, 690 - 8 • FONE 55 9976.7090 • SANTA MARIA -RS 01

11 milhões  
de árvores  
preservadas

+ de 110  
milhões de m<sup>2</sup>  
realizados

DESDE  
1991



atex.com.br  
0800 979 3611



Líder na América Latina  
em Soluções para Lajes

## Contratante

### ATEX DO BRASIL LOCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS LTDA

Endereço Sede / NFE: Fazenda Vargem do Lobo – 2º Quinhão, s/nº, Zona Rural - Lagoa Santa, MG CEP: 33.400-000

Endereço Correspondência: Rua Olympio de Carvalho, 83 – Joana D’Arc, Lagoa Santa – MG – CEP: 33.400-000 / Telefone: (31) 3681-3611

CNPJ: 65.354.649/0001-56

## 1 Objetivo

O presente tem como objetivo descrever os procedimentos de medição adotados para avaliação de ruído em diferentes tipologias de lajes, foram realizados uma série de ensaios utilizando metodologia baseada na norma ISO 140-7 (1978) *Field measurements of impact sound insulation of floors* e ISO 354 (2003) *Measurement of sound absorption in a reverberation room* e classificado em conformidade com as normas ISO 717-2 (1996) *Impact sound insulation*, conforme recomenda a NBR 15.575-3:13.

## 2 Equipamentos utilizados

Os equipamentos utilizados para a realização dos ensaios de ruído de impacto foram:

- Medidor de nível sonoro de integração e registro de dados (*integrator sound level meter*), marca 01 dB Metravib, modelo Blue Solo 01, tipo 01, número de série 60266;
- Microfone MCE212 (classe 1);
- Fonte geradora de Impacto, também chamada de máquina de ruído de impacto: *Tapping Machine type 3204*, marca Brüel&Kjaer;
- Calibrador: *Sound Level Calibrator type 4230*, 94 dB – 1000 Hz marca Brüel&Kjaer;



Figura 1 – Medidor de nível sonoro de integração e registro de dados.  
(Manual técnico Blue Solo 01, 2003, p. 1).



Figura 2 – Máquina geradora de ruído de impacto.



Figura 3 – Calibrador.

### 3 Procedimento de avaliação

#### 3.1 Considerações sobre os locais de ensaio

Os locais das medições foram escolhidos segundo as tipologias das lajes, seu sistema construtivo e seus parâmetros de acabamento para a realização dos ensaios de ruído de impacto e posterior verificação e análise do desempenho de isolamento apresentado. A avaliação foi realizada através de comparativo entre as diferentes tipologias ensaiadas.

Os ensaios foram realizados “in situ”, em um mesmo estágio de acabamento, com as esquadrias já instaladas e as lajes em “osso”.

#### 3.2 Laje maciça

- Localização da obra: Rua Duque de Caxias, esquina com a Avenida Nsa. Sra. Medianeira, bairro centro – Santa Maria/RS
- Data e dados ambientais: ensaio realizado na data de 05/05/08, temperatura média na hora da medição de 18°C e a umidade relativa do ar estava em 75%;

- Características da obra: edificação mista, composta por quatorze pavimentos, sendo os dois primeiros destinados a salas comerciais, dois subsolos de garagens e os demais pavimentos destinados ao uso residencial;
- Características construtivas:
  - Edificação construída com estrutura de concreto armado (pilares, lajes e vigas);
  - Paredes externas e internas: alvenaria de blocos cerâmicos de vedação (espessura aproximada de 20 cm);
  - Laje de entrepiso: Concreto armado com  $F_{ck}=20$  MPa , espessura de 12 cm, massa unitária de 300 Kg/m<sup>2</sup>, sem o contrapiso de regularização;
  - Esquadrias: portas semi-ocais de madeira, janelas de PVC com duas folhas de correr, com vidros de 4 mm e persianas externas de PVC;
- Características das salas receptora e emissora: os ensaios foram realizados em um pavimento tipo, onde a sala receptora localizava-se em um dormitório no sexto pavimento e a sala emissora no dormitório imediatamente acima daquele, localizado no sétimo pavimento, conforme a Figura 4. Tanto a sala receptora quanto a sala emissora apresentavam o mesmo estágio de acabamento, onde o reboco estava aplicado, faltando apenas os acabamentos de massa-corrída, pintura e assentamento do piso.

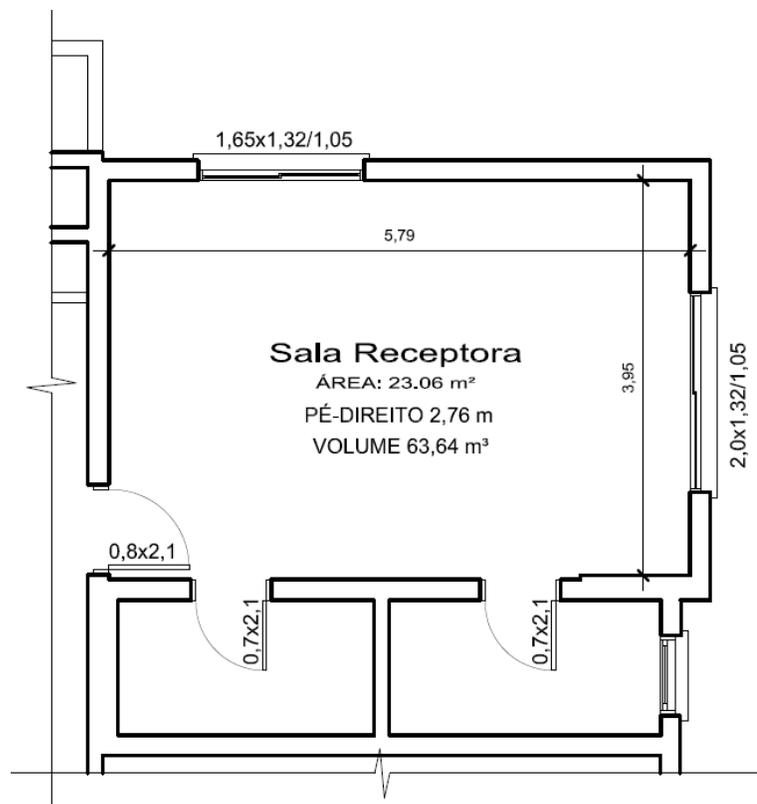


Figura 4 – Planta baixa da sala receptora, tipologia de laje: Laje maciça.

### 3.3 Laje Pré-moldada convencional

- Localização da obra: Rua Elpidio Menezes, esquina com a Rua Vicente do Prado, bairro Camobi – Santa Maria/RS;
- Data e dados ambientais: ensaio realizado na data de 28/09/07, temperatura média na hora da medição de 19°C e a umidade relativa do ar estava em 70%;
- Características da obra: edificação residencial, composta por três pavimentos;
- Características construtivas:
  - Edificação construída com paredes de alvenaria autoportante, vigas de concreto armado e lajes pré-moldadas convencionais;

- Paredes externas: alvenaria de blocos cerâmicos de vedação (espessura aproximada de 20 cm);
  - Paredes internas: alvenaria de blocos cerâmicos de vedação (espessura aproximada de 15 cm);
  - Laje de entepiso: laje pré-moldada convencional, com vigotas de concreto armado e tabelas cerâmicas, dispostas no sentido do menor vão (2,85 m), montadas e concretadas “in loco”, espessura de 12 cm, sendo 8 cm a espessura das vigotas de concreto armado e tabelas e 4 cm do concreto armado de distribuição com  $F_{ck}=15$  MPa, massa unitária de 190 Kg/m<sup>2</sup>;
  - Esquadrias: janelas de madeira com duas folhas de correr, com vidros de 3 mm e venezianas externas de madeira, porta semi-oca de madeira;
- Características das salas receptora e emissora: os ensaios foram realizados em um pavimento tipo, onde a sala receptora localizava-se em um dormitório no segundo pavimento e a sala emissora no dormitório imediatamente acima daquele, localizado no terceiro pavimento, conforme a Figura 5. A sala receptora já estava com reboco, faltando apenas os acabamentos de massa-corrída e pintura; o piso cerâmico já estava assentado, bem como os roda-pés e as guarnições das portas. A sala emissora estava com o reboco aplicado, faltando apenas os acabamentos de massa-corrída, pintura, assentamento do piso.

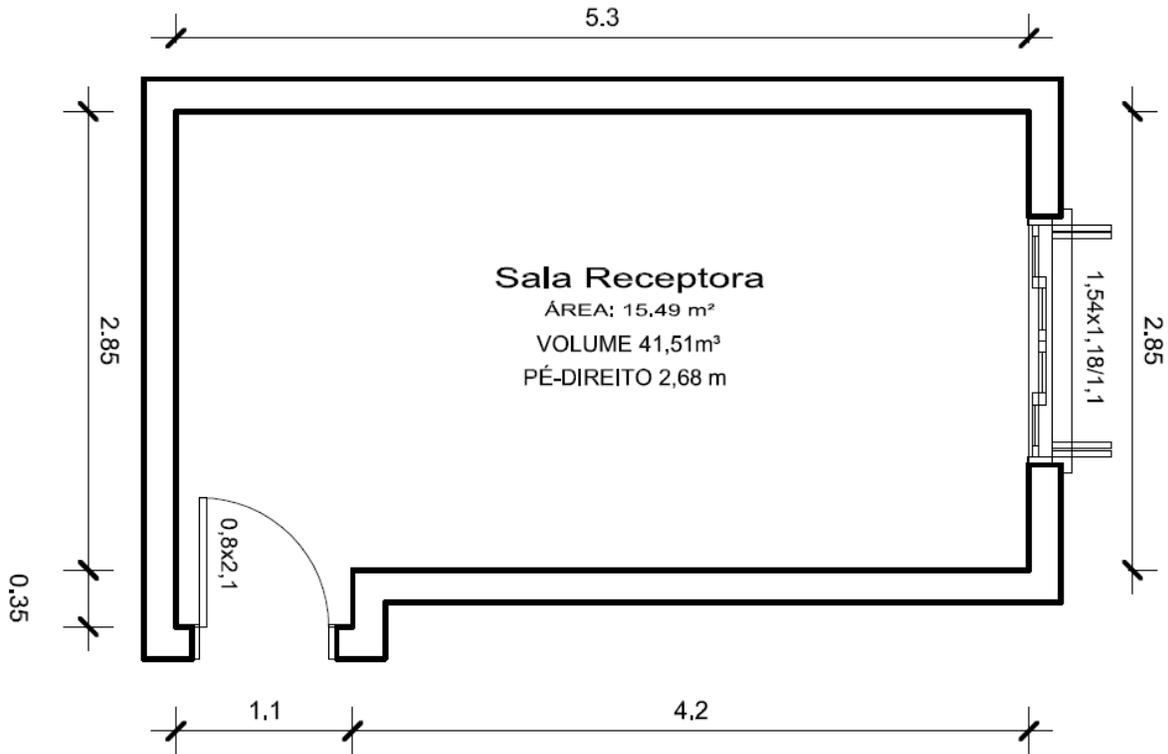


Figura 5 – Planta baixa da sala receptora, tipologia de laje: Pré-Laje.

### 3.4 Laje Pré-moldada treliçada

- Localização da obra: Av. Nsa. Sra. das Dores, esquina com a Rua Motorista Mariano, bairro Nsa. Sra. das Dores – Santa Maria/RS;
- Data e dados ambientais: ensaio realizado na data de 05/05/08, temperatura média na hora da medição de 18°C e a umidade relativa do ar estava em 75%;
- Características da obra: edificação mista, composta por duas torres de vinte e quatro pavimentos, sendo que os cinco primeiros desses eram subsolos destinados às garagens, três destinados ao uso comercial, um destinado à recreação e quinze destinados ao uso residencial;

- Características construtivas: edificação construída com estrutura de concreto armado (pilares e vigas) e lajes pré-moldadas treliçadas;
  - Paredes externas: alvenaria de blocos cerâmicos de vedação (espessura aproximada de 20 cm);
  - Paredes internas: alvenaria de blocos cerâmicos de vedação (espessura aproximada de 15 cm);
  - Laje de entrepiso: laje pré-moldada treliçada com treliças pré-fabricadas e tabelas cerâmicas, dispostas no sentido longitudinal do vão (7,17 m), montadas e concretadas “in loco”, espessura de 28 cm, massa unitária de 270 Kg/m<sup>2</sup>;
  - Esquadrias: a sala encontrava-se em “osso” e os fechamentos eram feitos de madeira compensada afixados sobre os vãos;
- Características das salas receptora e emissora: os ensaios foram realizados em um pavimento onde a sala receptora localizava-se no segundo subsolo da edificação e a sala emissora no pavimento imediatamente acima deste, conforme a Figura 6. Tanto a sala receptora quanto a sala emissora estavam no mesmo estágio de acabamento, onde o reboco ainda não havia sido desempenado, estando apenas o emboço aplicado e o piso era o concreto de recobrimento sobre a laje, ainda sem o assentamento do contrapiso de regularização.

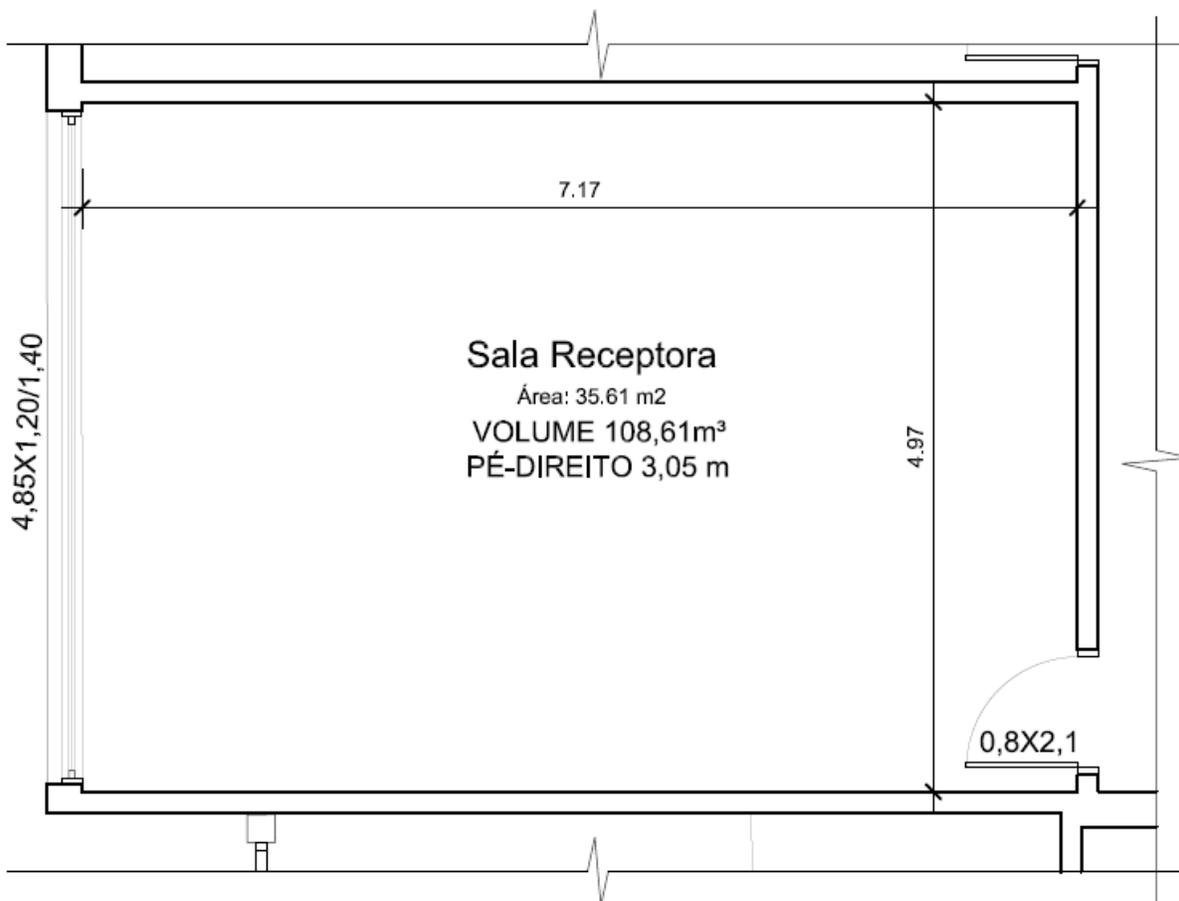


Figura 6 – Planta baixa da sala receptora, tipologia de laje: Laje treliçada.

### 3.5 Laje nervurada

- Localização da obra: Residencial Barão do Nonoai, Rua Paraíba, bairro Nonoai – Santa Maria/RS;
- Data e dados ambientais: ensaio realizado na data de 17/12/07, temperatura média na hora da medição de 27°C e a umidade relativa do ar estava em 57%;
- Características da obra: edificação residencial, composta por onze pavimentos;
- Características construtivas: edificação construída com estrutura de concreto armado (pilares, lajes e vigas);

- Paredes externas: alvenaria de blocos cerâmicos de vedação (espessura aproximada de 20 cm);
- Paredes internas: alvenaria de blocos cerâmicos de vedação (espessura aproximada de 15 cm);
- Laje de entrepiso: laje nervurada de concreto armado com  $f_{ck}=25$  MPa, com espessura de aproximadamente 28,0 cm, sendo a altura dos alvéolos (vigas) de 22,50 cm e 5,5 cm a espessura da laje propriamente dita. O afastamento aproximado entre os eixos das nervuras é de 88cm, conformando um espaço vazio de formas de aproximadamente 76x76cm, resultando em uma massa unitária de 276 Kg/m<sup>2</sup>. A laje ainda não apresentava a camada de contrapiso de regularização;
- Esquadrias: porta interna semi-oca de madeira, porta / janelas da sacada de PVC, com duas folhas de correr, com vidros de 4 mm e persianas externas de PVC;
- Características das salas receptora e emissora: os ensaios foram realizados em um pavimento tipo, onde a sala receptora localizava-se em um dormitório no segundo pavimento e a sala emissora, no dormitório imediatamente acima daquele, localizado no terceiro pavimento, conforme a Figura 7. A sala receptora já estava com reboco aplicado, faltando apenas os acabamentos de massa-corrída e pintura; o contrapiso de regularização já estava assentado, faltando somente o piso. A sala emissora estava em osso, ou seja, ainda sem a aplicação do chapisco, emboço e reboco, a laje estava sem a aplicação do contrapiso de regularização. Em ambas as salas as esquadrias estavam instaladas.

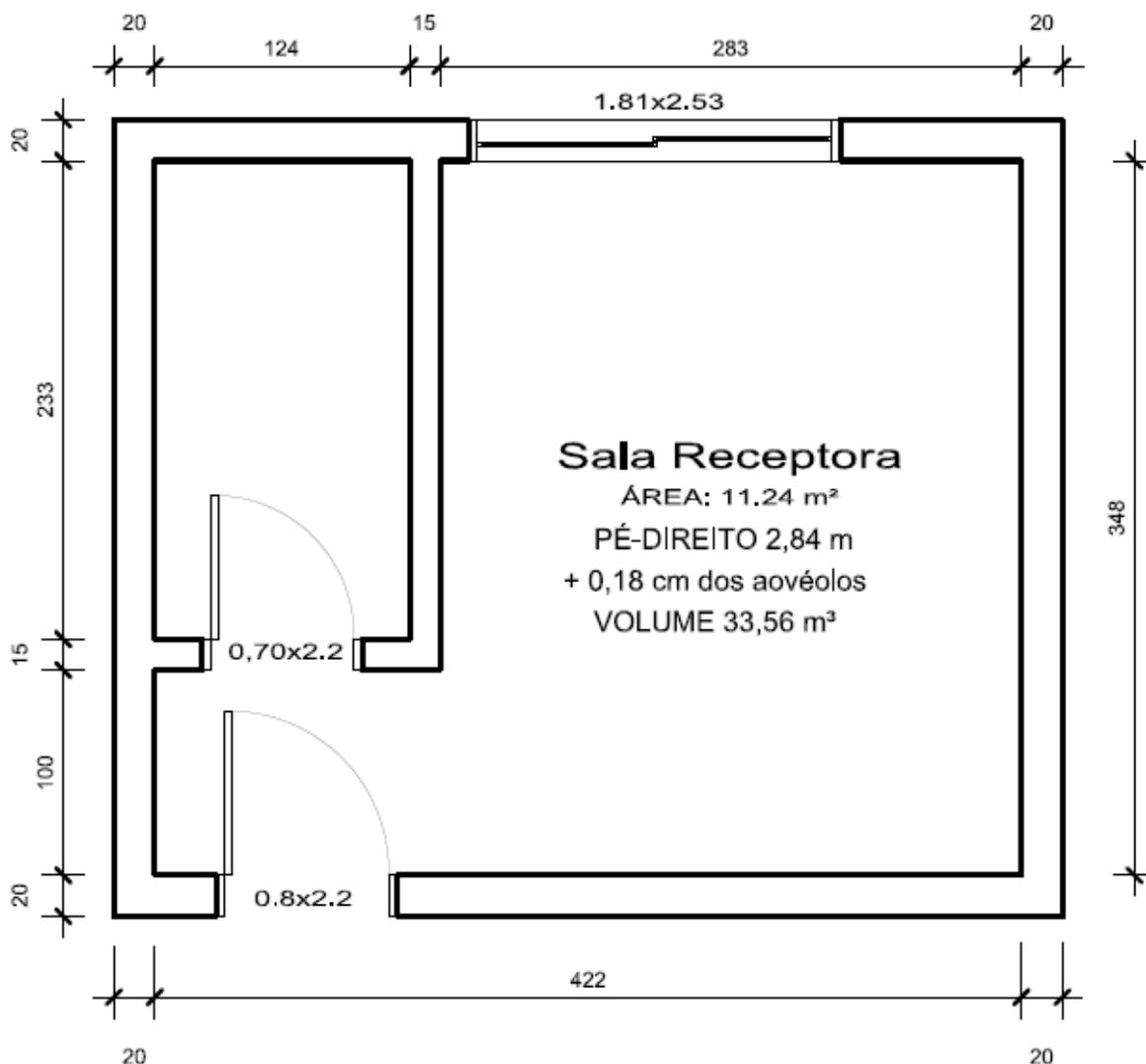


Figura 7 – Planta baixa da sala receptora, tipologia de laje: Laje nervurada.

#### 4 Resultados obtidos e análise dos dados

Os ensaios realizados do presente trabalho, com relação ao desempenho para o ruído de impacto, têm seus resultados calculados e apresentados quanto ao isolamento das tipologias de lajes ensaiadas em osso, obtendo-se, assim, o valor do Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado ( $L'_{nT,w}$ ), expresso em dB. Tanto a metodologia adotada nos ensaios quanto os cálculos

adotados para obtenção do  $L'_{nT,w}$ , para apresentação e análise dos resultados, seguem as recomendações das normas ISO 140-7 e ISO 717-2.

Para a análise dos resultados obtidos, dividiram-se as lajes por tipologia para realização de uma análise parcial, a fim de obter-se então o estudo comparativo entre as tipologias agrupadas conforme o sentido da armadura estrutural e, por último, todas as tipologias analisadas em conjunto.

#### 4.1. Resultados do ensaio de ruído de impacto para laje maciça em “osso”.

As Tabelas 01 e 02 apresentam os resultados obtidos nos ensaios para a laje maciça medidos na sala receptora.

**Tabela 01 - Ruído de fundo (RF) e tempo de reverberação (T) da sala receptora**

Frequência (Hz)	RF (dB)	T (s)
100	48	1,91
125	47	1,86
160	44	1,45
200	43	1,48
250	41	1,42
315	39	1,18
400	38	1,15
500	39	1,06
630	38	0,99
800	36	1,03
1000	36	0,91
1250	36	0,93
1600	34	0,92
2000	31	0,92
2500	29	0,88
3150	26	0,86

**Tabela 02 - Nível de pressão sonora de impacto ( $L_i$ ) e Nível de pressão sonora de impacto padronizado ( $L'_{nT}$ )**

Frequência (Hz)	$L_i$ (dB)	$L'_{nT}$ (dB)
100	60	54
125	65	59

<b>160</b>	67	62
<b>200</b>	66	61
<b>250</b>	66	61
<b>315</b>	67	63
<b>400</b>	65	61
<b>500</b>	66	63
<b>630</b>	65	62
<b>800</b>	65	62
<b>1000</b>	64	61
<b>1250</b>	62	59
<b>1600</b>	58	55
<b>2000</b>	52	49
<b>2500</b>	46	44
<b>3150</b>	39	37

A Figura 8 a seguir, apresenta o gráfico com os níveis de pressão sonora de impacto padronizado ( $L'_{nT}$ ) para a laje maciça em “osso” medidos na sala receptora.

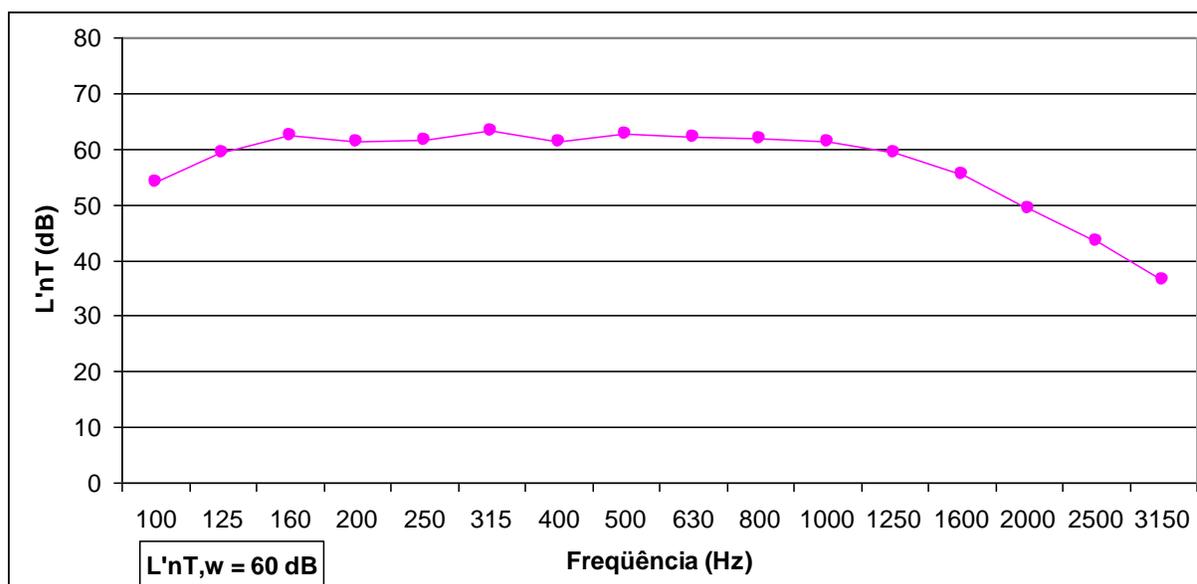


Figura 8 - Gráfico com os resultados do ensaio de ruído de impacto da laje maciça em “osso”.

No caso específico para a laje maciça, conforme apresentado na Figura 9, a tipologia demonstrou um desempenho que se manteve acima de 60 dB,

basicamente constante entre as faixas de frequência de 160 Hz até 1000 Hz, apresentando uma pequena melhora no isolamento sonoro tanto para as baixas quanto para as altas frequências.

O nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ), medido conforme as recomendações da Norma ISO 717-2, foi de 60 dB.

#### 4.2. Resultados do ensaio de ruído de impacto para a laje pré-moldada treliçada em “osso”.

Nas Tabela 03 e 04, estão demonstrados os resultados obtidos nos ensaios para a laje pré-moldada treliçada em “osso” medidos na sala receptora.

**Tabela 03 - Ruído de fundo (RF) e tempo de reverberação (T) da sala receptora**

Frequência (Hz)	RF (dB)	T (s)
100	45	0,72
125	44	0,75
160	41	0,85
200	37	0,67
250	35	0,9
315	35	0,89
400	37	1,13
500	37	1,46
630	37	1,48
800	37	1,43
1000	37	1,31
1250	36	1,19
1600	35	1,1
2000	33	0,91
2500	31	0,75
3150	28	0,7

**Tabela 04 - Nível de pressão sonora de impacto ( $L_i$ ) e Nível de pressão sonora de impacto padronizado ( $L'_{nT}$ )**

Frequência (Hz)	$L_i$ (dB)	$L'_{nT}$ (dB)
100	69	67
125	62	60

<b>160</b>	63	61
<b>200</b>	66	65
<b>250</b>	68	65
<b>315</b>	67	64
<b>400</b>	68	64
<b>500</b>	68	63
<b>630</b>	68	63
<b>800</b>	70	65
<b>1000</b>	70	66
<b>1250</b>	67	63
<b>1600</b>	59	56
<b>2000</b>	53	50
<b>2500</b>	53	51
<b>3150</b>	43	42

A Figura 9, apresenta o gráfico com os níveis de pressão sonora de impacto padronizado ( $L'_{nT}$ ) para a laje pré-moldada treliçada em “osso” medidos na sala receptora.

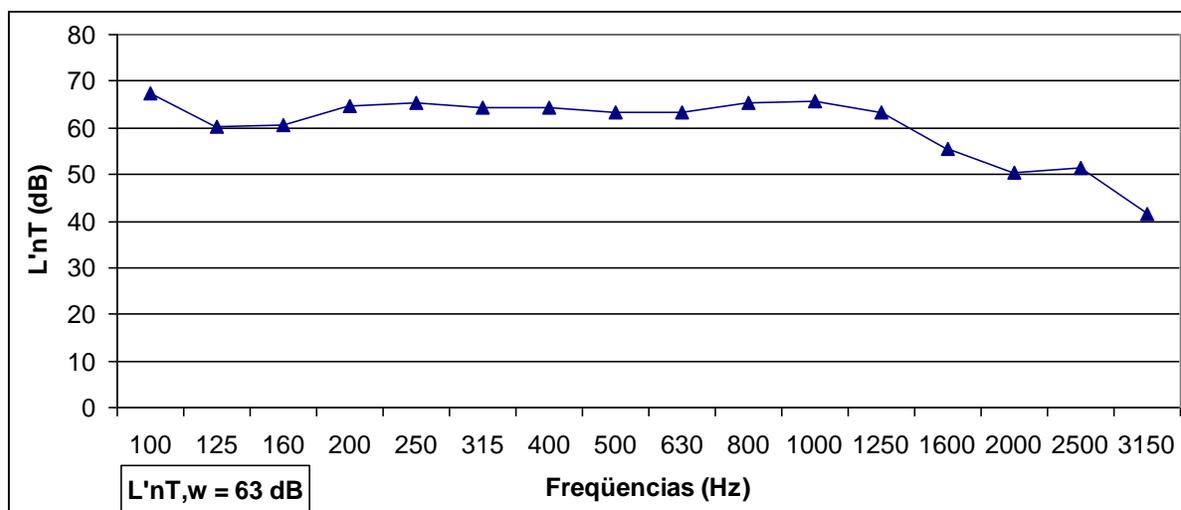


Figura 9 - Gráfico com os resultados do ensaio de ruído de impacto da laje pré-moldada treliçada em “osso”.

No caso específico para a laje pré-moldada treliçada em “osso”, conforme apresentado na Figura 9, a tipologia demonstrou um desempenho que se manteve superior aos 60 dB em quase todas as faixas de frequência, mantendo-se basicamente constante entre os 200 e 1000 Hz, só então apresentando uma melhora, aproximando-se a 40 dB na faixa de frequência de 3150 Hz.

O nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ), medido conforme as recomendações da Norma ISO 717-2, foi de 63 dB.

#### 4.3. Resultados do ensaio de ruído de impacto para a laje pré-moldada convencional em “osso”

Nas Tabelas 05 e 06 estão demonstrados os resultados obtidos nos ensaios para a laje pré-moldada convencional em “osso”, medidos na sala receptora.

**Tabela 05 - Ruído de fundo (RF) e tempo de reverberação (T) da sala receptora**

Frequência (Hz)	RF (dB)	T (s)
100	27	4,35
125	31	8,08
160	34	4,70
200	31	5,28
250	33	4,08
315	32	3,86
400	35	3,21
500	34	3,30
630	32	3,02
800	30	2,55
1000	25	2,45
1250	25	2,32
1600	25	2,19
2000	26	2,04
2500	26	1,84
3150	27	1,64

**Tabela 06 - Nível de pressão sonora de impacto ( $L_i$ ) e nível de pressão sonora de impacto padronizado ( $L'_{nT}$ ):**

Frequência (Hz)	$L_i$ (dB)	$L'_{nT}$ (dB)
100	68	58
125	76	64
160	78	68
200	80	69

<b>250</b>	81	72
<b>315</b>	83	74
<b>400</b>	82	74
<b>500</b>	83	75
<b>630</b>	79	71
<b>800</b>	79	72
<b>1000</b>	75	68
<b>1250</b>	71	64
<b>1600</b>	66	60
<b>2000</b>	58	52
<b>2500</b>	50	45
<b>3150</b>	48	43

A Figura 10, apresenta o gráfico com os níveis de pressão sonora de impacto padronizado ( $L'_{nT}$ ) para a laje pré-moldada convencional em “osso” medidos na sala receptora.

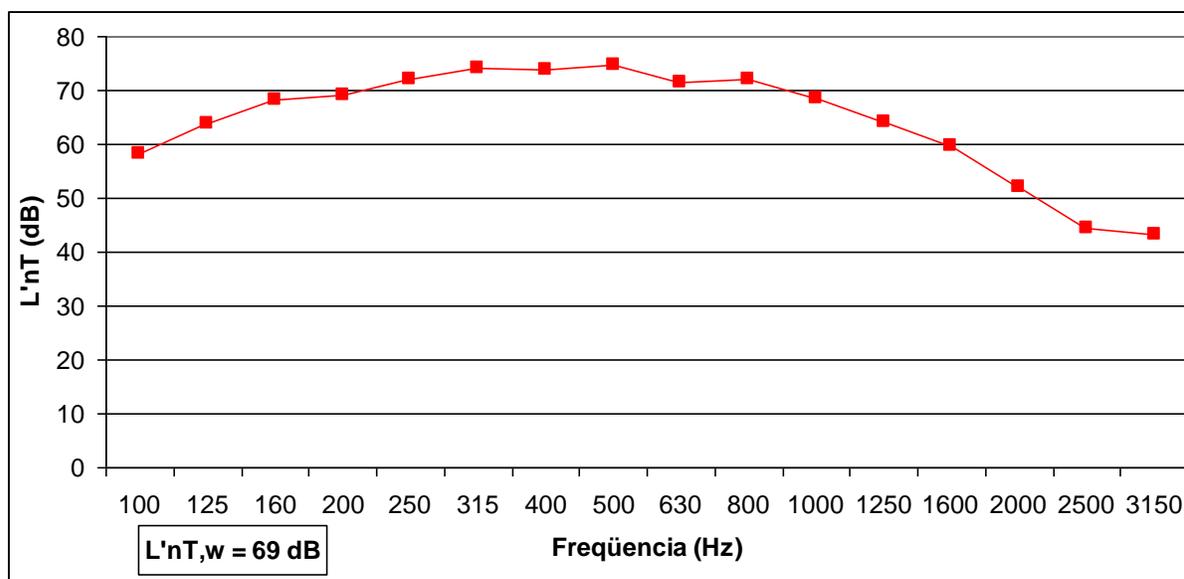


Figura 10 - Gráfico com os resultados do ensaio de ruído de impacto da laje pré-moldada convencional em “osso”.

No caso específico para a laje pré-moldada convencional em “osso”, conforme apresentado anteriormente, a tipologia demonstrou um desempenho fraco nas baixas frequências e manteve-se superior aos 70 dB entre as faixas de frequência de 200 Hz até 1000 Hz, atingindo um pico de 75 dB aos 500 Hz,

apresentando uma melhora somente nas altas frequências, contudo permanecendo superior a 40 dB.

O nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ), medido conforme as recomendações da Norma ISO 717-2, foi de 69 dB.

#### 4.4. Resultados do ensaio de ruído de impacto para a laje nervurada em “osso”

Nas Tabelas 07 e 08 estão demonstrados os resultados obtidos nos ensaios para a laje nervurada em “osso”, medidos na sala receptora.

**Tabela 07 - Ruído de fundo (RF) e tempo de reverberação (T) da sala receptora:**

Frequência (Hz)	RF (dB)	T (s)
100	43	2,5
125	45	1,99
160	44	1,08
200	42	1,16
250	40	1,44
315	38	1,28
400	36	1,09
500	36	1,14
630	36	0,99
800	32	1,02
1000	30	0,83
1250	29	0,87
1600	30	0,84
2000	31	0,78
2500	26	0,72
3150	27	0,69

**Tabela 08 - Nível de pressão sonora de impacto ( $L_i$ ) e Nível de pressão sonora de impacto padronizado ( $L'_{nT}$ ):**

Frequência (Hz)	$L_i$ (dB)	$L'_{nT}$ (dB)
100	63	56
125	71	65

<b>160</b>	71	68
<b>200</b>	71	67
<b>250</b>	69	64
<b>315</b>	68	64
<b>400</b>	69	66
<b>500</b>	67	63
<b>630</b>	64	61
<b>800</b>	68	65
<b>1000</b>	64	62
<b>1250</b>	63	61
<b>1600</b>	58	56
<b>2000</b>	49	47
<b>2500</b>	44	42
<b>3150</b>	37	36

A seguir a Figura 11, apresenta o gráfico com os níveis de pressão sonora de impacto padronizado ( $L'_{nT}$ ) para a laje nervurada em “osso”, medidos na sala receptora.

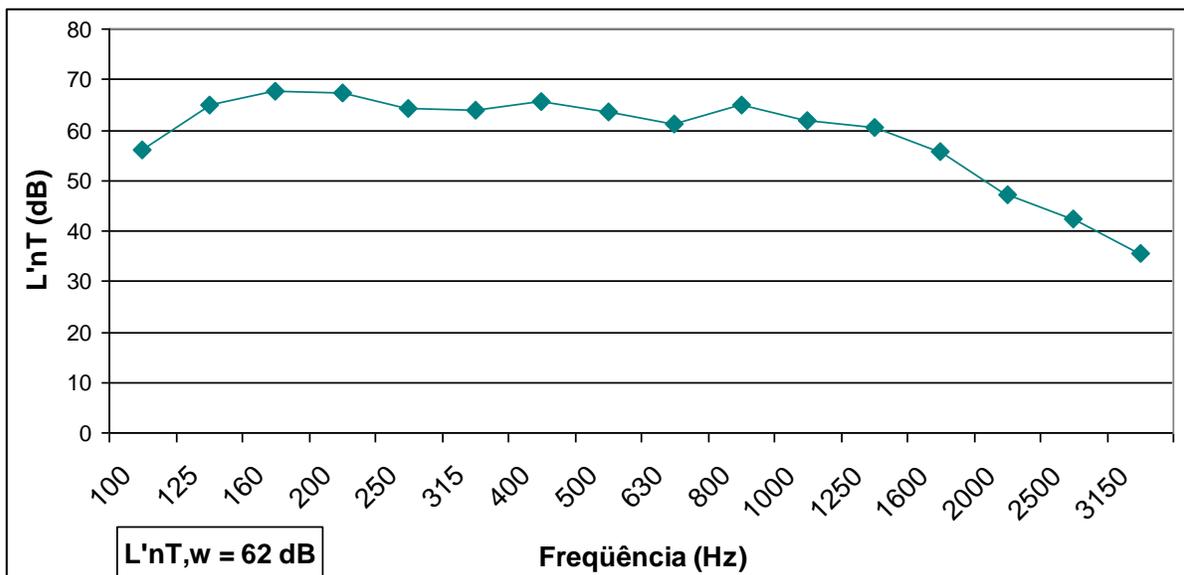


Figura 11 - Gráfico com os resultados do ensaio de ruído de impacto da laje nervurada em “osso”.

No caso específico para a laje nervurada em “osso”, conforme apresentado na figura 11, a tipologia demonstrou um desempenho fraco nas baixas e médias

freqüências, mantendo-se superior aos 60 dB entre as faixas de freqüência de 125 Hz até 1250 Hz, apresentando uma melhora somente a partir dos 1000 Hz.

O nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ), medido conforme as recomendações da Norma ISO 717-2, foi de 62 dB.

#### 4.5. Análise comparativa do desempenho das tipologias de lajes

Para a análise comparativa entre as tipologias, as lajes foram separadas conforme o sentido da armadura e por apresentarem características morfológicas similares. Traçou-se o comparativo entre as duas lajes pré-moldadas, com armadura em uma única direção e as duas lajes com armadura em cruz, ou seja, armadas em duas direções, para posteriormente ser realizada a análise comparativa entre todas as tipologias.

A seguir, a Figura 12 demonstra os resultados comparativos obtidos nos ensaios das lajes pré-moldada convencional e pré-moldada treliçada, ambas ensaiadas em “osso”.

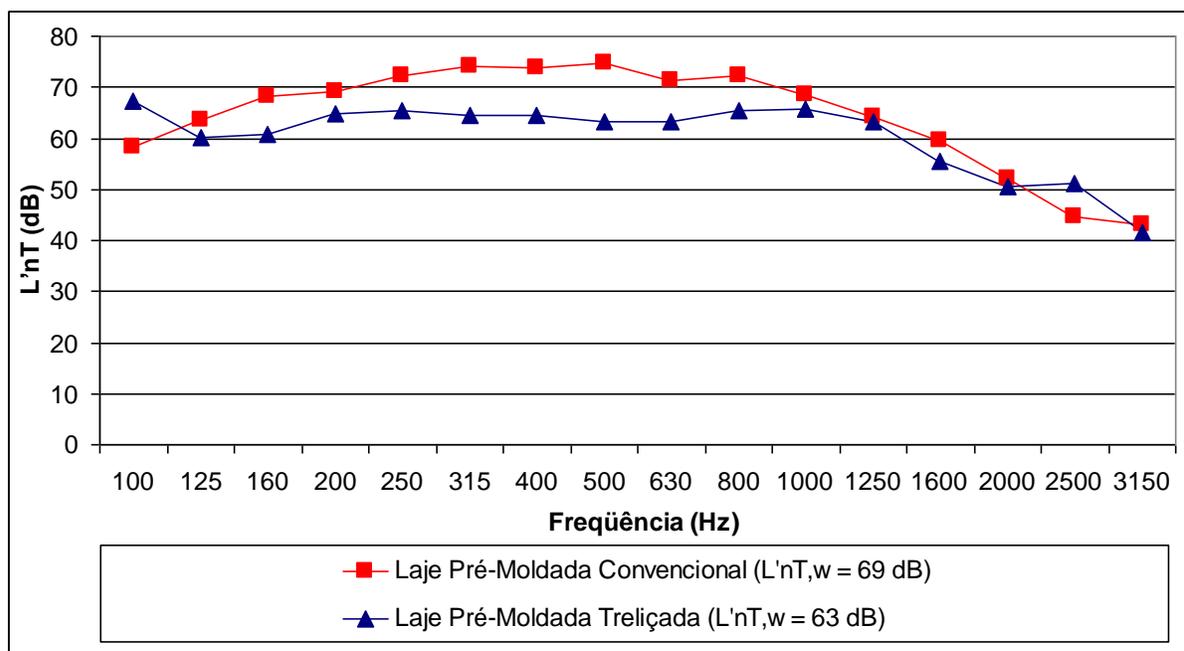


Figura 12 - Gráfico comparativo com os resultados dos ensaios de ruído de impacto das lajes pré-moldada convencional e pré-moldadas treliçada, ensaiadas em “osso”.

Para as lajes armadas em uma única direção (armadura no sentido dos vãos de 2,85 m para a laje pré-moldada convencional e 7,17 m para a laje pré-moldada treliçada), conforme a Figura 12 que expressa o desempenho das lajes em todas as bandas de terço de oitava, ambas as tipologias demonstraram um fraco desempenho nas baixas e médias freqüências, apresentando uma pequena melhora somente nas altas freqüências, em que se percebe um decaimento até se aproximar de 40 dB na faixa de freqüência dos 3150 Hz.

Também se pode afirmar que a laje pré-moldada treliçada obteve um desempenho superior à laje pré-moldada convencional, apresentando um nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ) de 63 dB, enquanto a convencional demonstrou um desempenho de 69 dB.

Na Figura 13, estão demonstrados os resultados comparativos obtidos nos ensaios das lajes maciça e nervurada, ambas com armadura em cruz, ou seja, em duas direções.

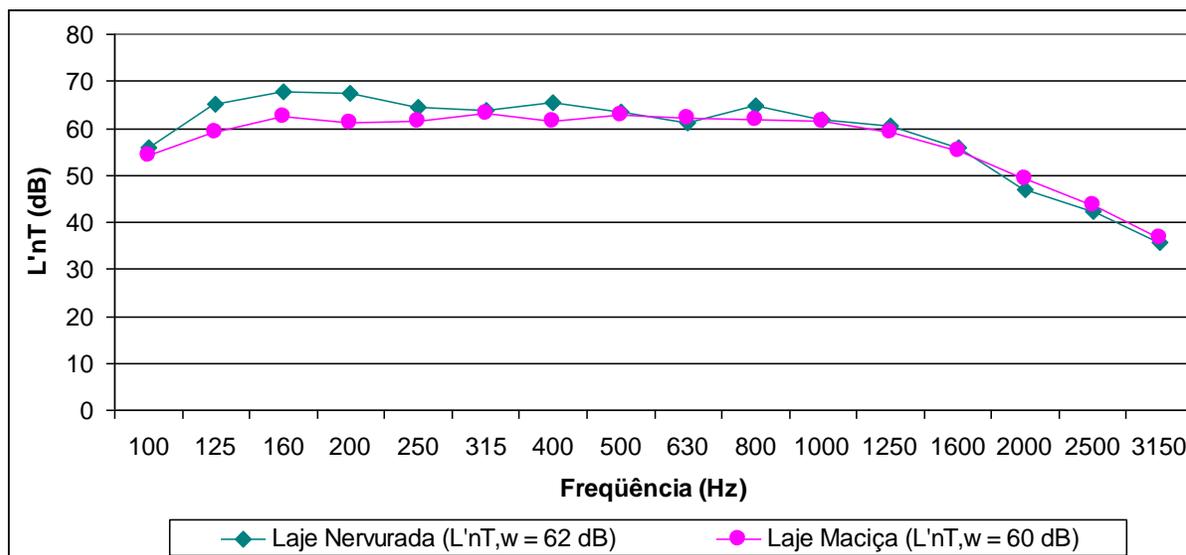


Figura 13 - Gráfico comparativo com os resultados dos ensaios de ruído de impacto das lajes maciça e nervurada, ensaiadas em “osso”.

Para as lajes com armadura em duas direções, conforme demonstrado na Figura 13, que expressa o desempenho das lajes em bandas de terço de oitava, as duas tipologias apresentaram um desempenho mediano ao longo do espectro de freqüências, mantendo-se basicamente constante entre as faixas de 160 Hz até 1250 Hz, apresentando uma melhora a partir dos 1000 Hz. A laje maciça apresenta um melhor desempenho em quase todas as freqüências, excetuando nos pontos de 630 Hz e a partir dos 2000 Hz.

Também se pode afirmar que a laje maciça obteve um desempenho superior à laje nervurada, apresentando um nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ) de 60 dB, enquanto a laje nervurada demonstrou um desempenho de 62 dB.

Na Figura 14 estão demonstrados os resultados obtidos nos ensaios de todas as tipologias de lajes, reunidas a fim de se traçar um comparativo entre as lajes armadas em uma única direção, laje pré-moldada convencional e laje pré-moldada treliçada e as lajes armadas em duas direções, maciça e nervurada.

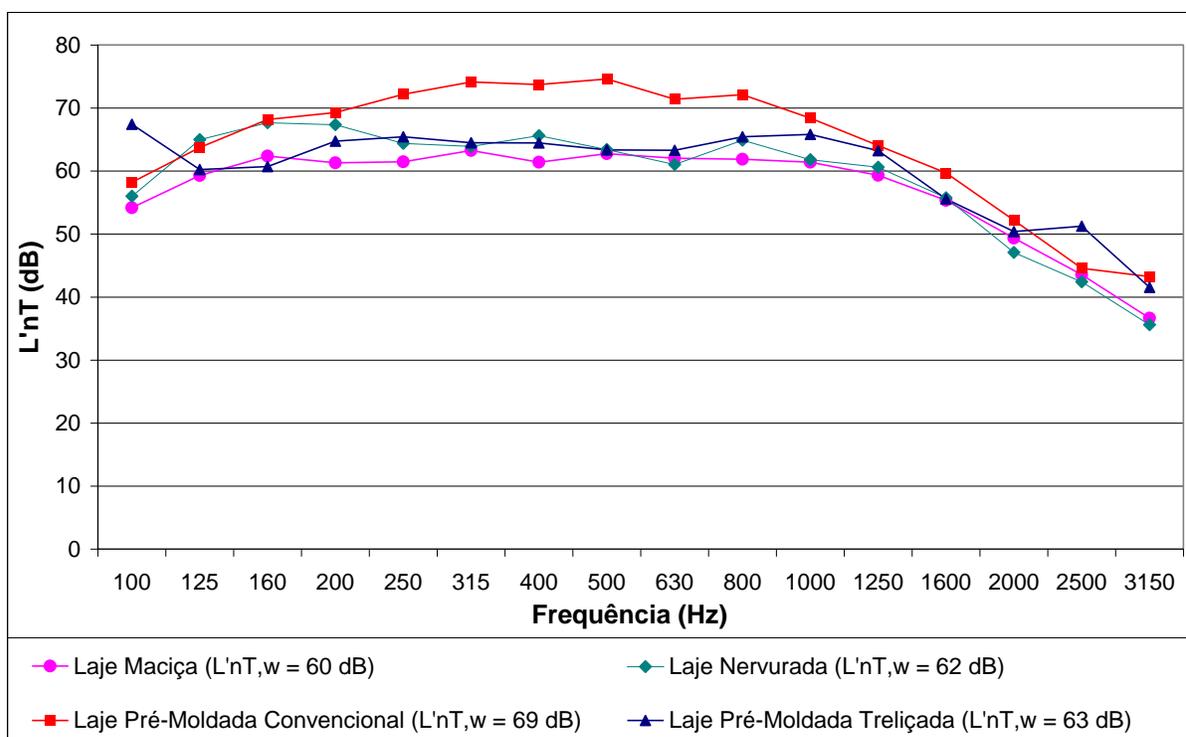


Figura 14 - Gráfico comparativo com os resultados dos níveis de pressão de ruído de impacto padronizado ( $L'_{nT}$ ) para todas as tipologias de lajes ensaiadas em “osso”.

Para a comparação entre as lajes, conforme demonstrado na Figura 14, que expressa o desempenho das lajes em bandas de terço de oitava, pode-se afirmar que a maioria das tipologias apresentou certa semelhança, percebida no gráfico, com exceção à laje pré-moldada convencional, que se destaca das demais apresentando um desempenho inferior a estas. Ao longo do gráfico, pode-se perceber que a laje maciça foi a que apresentou melhor desempenho, embora em determinados pontos tenha sido superada pela laje nervurada e pela laje pré-moldada treliçada.

Conforme a Figura 15, que expressa o nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ), apresenta-se o desempenho de todas as tipologias ensaiadas através dos valores globais de ruído percebidos na sala receptora.

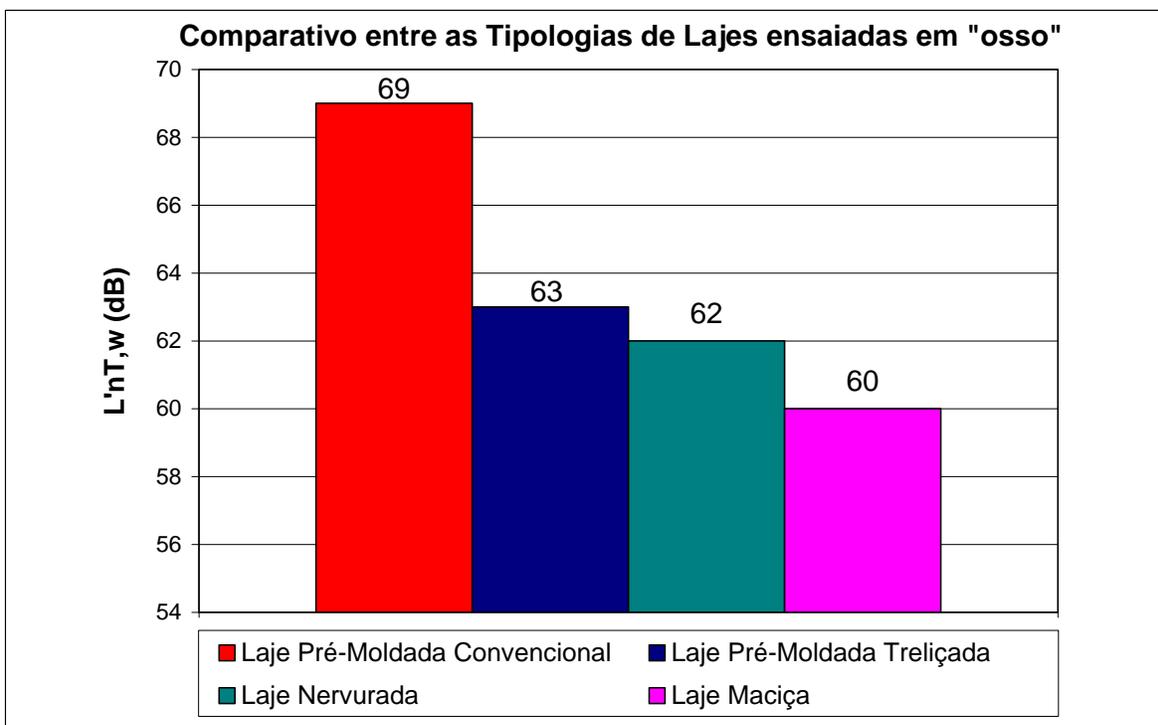


Figura 15 - Gráfico comparativo entre os resultados dos níveis de pressão de ruído de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ) para todas as tipologias de lajes ensaiadas em "osso".

Para a análise comparativa entre todas as tipologias de lajes, armadas em uma única e duas direções, conforme demonstrado na Figura 15, pode-se afirmar que a laje maciça obteve um desempenho superior a todas as outras, apresentando um nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ) de 60 dB, seguido da laje nervurada e da laje pré-moldada treliçada que demonstraram um desempenho muito próximo de 62 dB e 63 dB respectivamente e, por fim, a laje pré-moldada convencional, obtendo o pior desempenho, apresentando um nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ) de 69 dB.

#### 4.6. Análise comparativa do desempenho de duas tipologias de lajes com acabamento final de piso

Em duas das obras ensaiadas, foi possível a realização de medições com o piso de revestimento final instalado. As tipologias ensaiadas foram as lajes pré-

moldada convencional e pré-moldada nervurada, ambas utilizaram como revestimento o piso laminado de madeira, estando a última com contrapiso de regularização de 5 cm e forro de gesso maciço, sem material absorvente, instalado a 24 cm abaixo da laje.

Nas Figuras 16 e 17, estão demonstrados os resultados obtidos nos ensaios com as tipologias da laje pré-moldada convencional e da laje nervurada, a primeira armada em uma única direção e a segunda com armação em cruz. Para efeito comparativo, apresenta-se o perfil de cada uma associada ao da laje em “osso”.

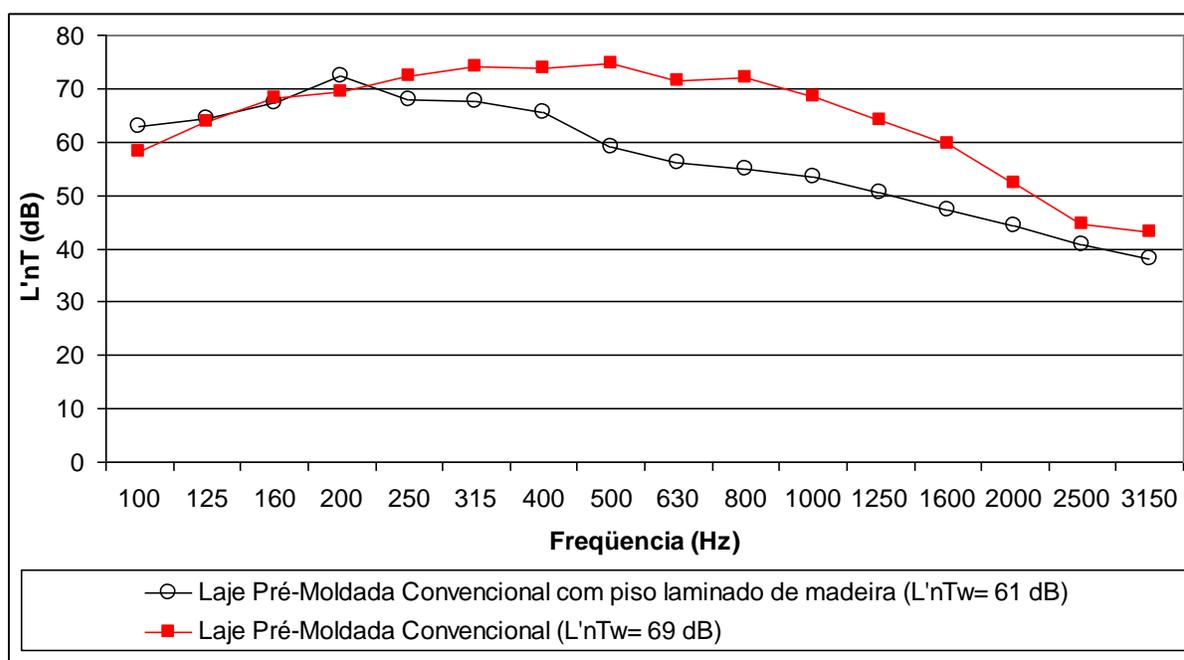


Figura 16 - Gráfico comparativo com os resultados dos níveis de pressão de ruído de impacto padronizado ( $L'_{nT}$ ) para a tipologia de laje pré-moldada convencional em “osso” e com o piso laminado de madeira.

Para a comparação entre a laje pré-moldada convencional em “osso” e com o revestimento de piso laminado de madeira, apresentado na figura anterior, pode-se afirmar que, há uma melhora no isolamento ao ruído de impacto a partir da

freqüência de 200 Hz e que o melhor desempenho se concentra na faixa entre os 500 Hz e 1000 Hz, onde o  $\Delta L'_{nT,w}$  é maior.

Quando instalado o piso laminado de madeira o valor do  $L'_{nT,w}$  passou de 69 dB para 61 dB, o que indica um acréscimo no isolamento ao ruído de impacto de 8 dB ( $\Delta L'_{nT,w}$ ).

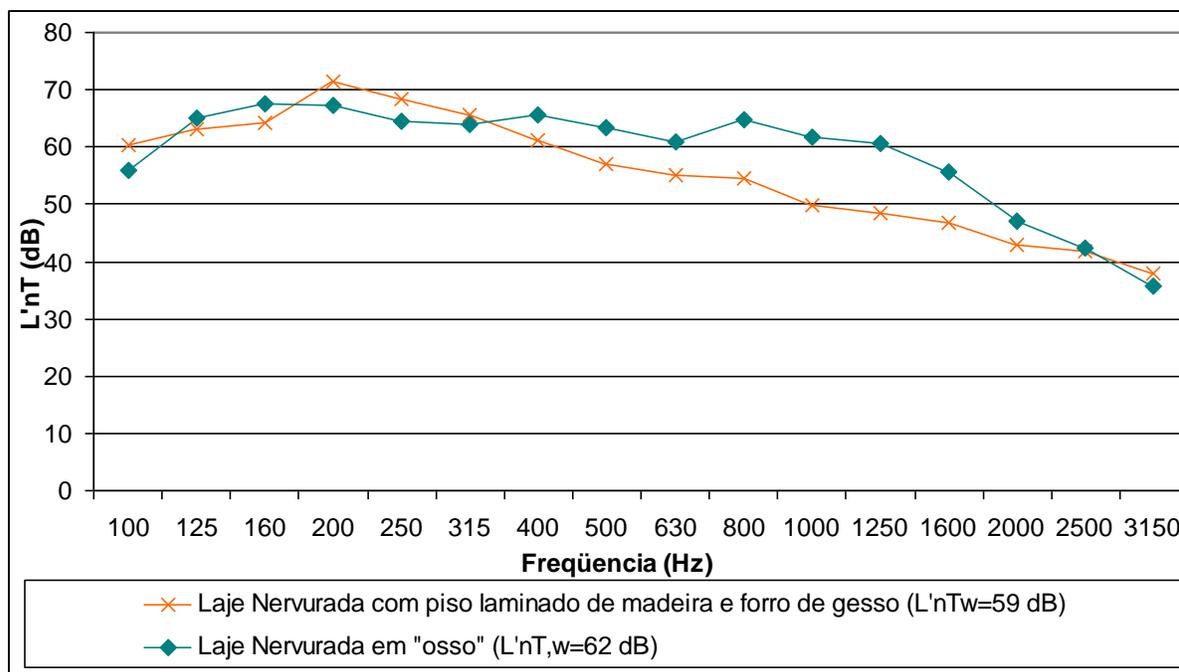


Figura 17 - Gráfico comparativo com os resultados dos níveis de pressão de ruído de impacto padronizado ( $L'_{nT}$ ) para a tipologia de laje nervurada em “osso” e com o piso laminado de madeira e forro de gesso.

No mesmo parâmetro, a Figura 17, que apresenta o desempenho comparativo entre a laje nervurada em “osso” e a laje nervurada com o revestimento de piso laminado de madeira sobre o contrapiso de regularização e o forro de gesso instalado na sala receptora, pode-se afirmar que este sistema demonstrou um ganho de isolamento ao ruído de impacto a partir da freqüência de 315 Hz e seu melhor desempenho se concentra entre as freqüências de 800 Hz a 1600 Hz, onde o  $\Delta L$  é maior. O valor do  $L'_{nT,w}$  de 59 dB indica uma melhora no

isolamento ao ruído de impacto de 3 dB ( $\Delta L'_{nT,w}$ ) em relação à laje sem revestimento.

## 5 Conclusões finais

Para as análises realizadas em agrupamentos quanto ao sentido da armação, pôde-se perceber que as tipologias com armadura em duas direções apresentaram um desempenho superior àquelas armadas em uma única direção, possivelmente devido ao fato de que as lajes com armação em cruz receberem maior quantidade de concreto e ferragem, tornando-se mais rígidas e, conseqüentemente, aumentando sua massa. Já as armadas em uma única direção, denominadas pré-moldadas, apresentam grande parte de sua estrutura composta por tabelas cerâmicas, basicamente com a finalidade de preenchimento, o que as torna menos rígidas, diminuindo consideravelmente sua massa e isolamento ao ruído de impacto.

Ao analisar-se os gráficos que expressam o desempenho das lajes em bandas de terço de oitava, pode-se perceber que as tipologias de lajes ensaiadas em “osso” apresentaram um perfil que cresce das baixas frequências para as médias e decaem a partir dos 1000 Hz. Já os gráficos que apresentam os resultados com os níveis de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ), que representam o valor único de decibéis transmitidos através das lajes, pode-se destacar mais nitidamente a diferença entre os desempenhos de cada tipologia, permitindo-se assim traçar uma hierarquia relacionada ao seus desempenhos.

Com base na leitura dos resultados, pode-se concluir que, dentre o rol das lajes ensaiadas, a que obteve o pior desempenho, permitindo a maior transmissão de energia através da laje, foi a tipologia de laje pré-moldada convencional, apresentando um  $L'_{nT,w}$  de 69 dB, chegando a apresentar picos de 75 dB ao longo do espectro e mantendo-se acima dos 70 dB em diversas faixas de frequência. Pode-se afirmar que este fraco desempenho é devido à baixa massa que a

mesma apresenta, uma vez que seus elementos estruturais são as vigotas pré-fabricadas de perfil esbelto e à fina camada de concreto armado que esta recebe como recobrimento.

Em seguida, podemos destacar a laje pré-moldada treliçada, posicionando-se no terceiro lugar em relação aos desempenhos, com  $L'_{nT,w}$  de 63 dB. Essa apresentou um espectro mais constante, contudo, da mesma forma que a anterior, a presença de elementos de preenchimento em sua composição morfológica compromete o desempenho do sistema. Embora a quantidade de concreto que a laje pré-moldada treliçada recebe seja maior do que a laje pré-moldada convencional, ainda não é suficiente a ponto de desempenhar um bom isolamento acústico.

Apresentando um desempenho muito próximo, com  $L'_{nT,w}$  de 62 dB, posiciona-se em segundo lugar a laje nervurada, que se destaca por apresentar um perfil que se mantém acima dos 60 dB em quase todas as frequências, havendo um ganho de isolamento apenas nas altas frequências. Pode-se afirmar que o desempenho desta laje não é maior devido ao fato que a camada de recobrimento da laje de piso apresenta uma espessura de aproximadamente cinco centímetros, enquanto a grande concentração de massa localiza-se nas vigas abaixo desta, o que acaba por diminuir o desempenho do sistema.

Assim, pode-se concluir que dentre as lajes ensaiadas em “osso” a que apresentou o melhor desempenho quanto ao isolamento acústico submetida ao ruído de impacto foi a laje maciça, com um  $L'_{nT,w}$  de 60 dB. Essa desenvolveu um perfil constante entre as frequências que vão de 160 Hz até 1000 Hz, mantendo-se próximo aos 60 dB e havendo a partir deste ponto uma melhora nas altas frequências chegando a 37 dB. O fato dessa laje posicionar-se como a melhor dentre o rol das tipologia ensaiadas deve-se possivelmente por a mesma apresentar uma armadura em cruz que recebe maior quantidade de ferragem e uma espessura maciça de 12 cm de concreto, garantindo mais massa e uma maior rigidez, melhorando assim o desempenho ao isolamento acústico.

Para os ensaios que foram possíveis de se realizar com duas das tipologias finalizadas e com o revestimento final de piso laminado de madeira, executado de forma tradicional, pode-se concluir que para a tipologia de laje pré-moldada convencional o desempenho em “osso” corresponde a um  $L'_{nT,w}$  de 69 dB e quando adicionado o contrapiso de regularização e o acabamento de piso, essa passa a desenvolver um  $L'_{nT,w}$  de 61 dB, ou seja, o ganho em isolamento acústico corresponde a um  $\Delta L'_{nT,w}$  de 8 dB.

Da mesma forma para a laje nervurada, o desempenho em “osso” corresponde a um  $L'_{nT,w}$  de 62 dB e ao ser instalado o piso laminado de madeira sobre o contrapiso de regularização e o forro de gesso maciço, sem adição de material absorvente, a 24 cm abaixo da laje, esta passa a desenvolver um  $L'_{nT,w}$  de 59 dB, ou seja o ganho de isolamento acústico corresponde a um  $\Delta L'_{nT,w}$  de 3 dB.

Desse modo, pode-se concluir que para as tipologias ensaiadas com acabamento final de piso, estas têm importância relevante quando os revestimentos de piso são instalados de maneira tradicional, isto é, sem a execução de contrapiso flutuante. Também se pode concluir que para a laje com um fraco desempenho de isolamento ao ruído de impacto qualquer intervenção no sentido de melhorar seu desempenho é significativa, enquanto em uma laje com um nível de isolamento mais alto, para se obter um ganho significativo é necessário uma intervenção muito maior.

Com base na leitura dos resultados obtidos e traçando um comparativo com os valores estabelecidos pela NBR 15.575-3 (2013), conforme a Tabela E.1, que determina os requisitos e critérios de desempenho a serem aplicados a edifícios habitacionais de até cinco pavimentos e traça os níveis de desempenho para o ruído de impacto em lajes de entrepiso, pode-se concluir que para o desempenho das lajes em osso as tipologias de laje maciça, laje nervurada e a laje pré-moldada treliçada atingem um nível de desempenho intermediário (I), enquanto a laje pré-moldada convencional classifica-se como o nível mais baixo, denominado mínimo (M). Com isso podemos concluir que a tecnologia empregada na construção civil

ainda tem que evoluir muito, para que possa proporcionar ao seu usuário mais qualidade e níveis mais elevados de conforto.

Este laudo visa traçar um comparativo entre o desempenho acústico das diferentes tipologias de lajes ensaiadas, mais comumente empregadas na construção civil, utilizadas como lajes de entresolos, medidas em “osso” e *in situ*, relacionando o isolamento sonoro ao ruído de impacto, evidenciando assim a eficiência dos sistemas e permitindo o estabelecimento de uma classificação quanto ao seu desempenho acústico.

---

**Daniel Pereyron – Arquiteto e Urbanista . CAU A 40724-0**

*MSc. Construção Civil e Preservação Ambiental - UFSM*

*Box Studio<sup>3</sup> - Arquitetura & Consultoria*

*Contato: (55) 9976.7090 . [danielpereyron@terra.com.br](mailto:danielpereyron@terra.com.br)*

---

LAUDO ACÚSTICO VINCULADO À RRT Nº 3946459