PANORAMA DO COMPORTAMENTO ACÚSTICO EM EDIFICAÇÕES DO NORDESTE BRASILEIRO – RESULTADOS DE ESTUDOS DE CASOS

Otávio Joaquim da Silva Júnior [1*], Angelo Just da Costa e Silva [2]

1: TECOMAT – Tecnologia da Construção e Materiais
Rua Serra da Canastra-391, Cordeiro, Recife/PE, Brasil
otavio@tecomat.com.br

2: TECOMAT – Tecnologia da Construção e Materiais
Rua Serra da Canastra-391, Cordeiro, Recife/PE, Brasil
angelo@tecomat.com.br

Palavras-chave: Desempenho acústico, Ensaios de isolamento sonoro, norma de desempenho

Resumo. *O presente trabalho tem como objetivo, avaliar o desempenho acústico de vedações verticais e horizontais de edifícios de múltiplos pavimentos, através de ensaios de isolamento sonoro realizado em campo. Foram avaliadas vedações verticais externas de dormitórios, sendo determinada a Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2,0m da fachada ($D_{2m,nT,w}$), vedações verticais internas entre apartamento, sendo determinada a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nT,w}$), e vedações horizontais quanto ao ruído de impacto e ruído aéreo, sendo determinado, respectivamente, o Nível de Pressão Sonora Padrão Ponderado ($L'_{nT,w}$) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nT,w}$). Os resultados, obtidos através dos ensaios de campo, demonstram que as esquadrias de correr com duas folhas, bastante utilizadas no Brasil, promovem um isolamento sonoro abaixo do mínimo especificado na norma brasileira de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), diferentemente dos resultados obtidos para esquadrias do tipo Maxim-ar que atendem em desempenho intermediário. Os resultados das vedações verticais internas entre apartamentos, realizados entre salas de apartamentos vizinhos, demonstram que os resultados estão aquém das especificações da NBR 15575 (ABNT, 2013). No tocante ao ruído de impacto em sistema de piso, as lajes nervuradas, utilizando revestimento cerâmico e forro em placas de gesso, atendem ao desempenho mínimo especificado pela norma de desempenho. De forma similar, as vedações horizontais avaliadas quanto ao ruído aéreo, atendem ao desempenho mínimo, atendendo em alguns casos em desempenho superior. Pode-se concluir com está avaliação que as vedações verticais são, hoje, a maior preocupação dos construtores para atendimento à norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013).*

1. INTRODUÇÃO

Visando estabelecer requisitos e critérios de desempenho, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) publicou em 2008 a primeira edição da NBR 15575 “Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho”. Em 2010 é publicada a segunda edição da norma e 2012 a terceira edição. Em 19 de fevereiro de 2013 é publicada a quarta edição da norma, agora denominada simplesmente “Edificações habitacionais – Desempenho”, a norma passa a contemplar todas as edificações, independente do número de pavimentos.

O desempenho das edificações é sem dúvidas um tema abrangente e complexo, uma vez que envolve aspectos de segurança, resistência e conforto. Tema bastante discutido nas últimas décadas, o desempenho das edificações é um assunto que envolve a comunidade científica, fornecedores, construtores e consumidores. Segundo Michalski (2009), a avaliação do desempenho exige o domínio de conhecimentos sobre cada aspecto funcional da edificação, desde materiais e técnicas de construção, até as diferentes exigências dos usuários nas diversas condições de uso.

A partir de 19 de julho de 2013, a norma de desempenho passou a ser valida, ou seja, desta data em diante todos os projetos homologados no Brasil devem atender aos requisitos e critérios preconizados na NBR 15575 (ABNT, 2013).

Dado sua abrangência, a norma de desempenho foi dividida em 6 partes: requisitos gerais, requisitos para os sistemas estruturais, requisitos para os sistemas de pisos, requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE, requisitos para os sistemas de coberturas e requisitos para os sistemas hidrossanitários.

A NBR 15575 permite classificar a edificação avaliada em 3 classes de desempenho: desempenho mínimo (M); desempenho intermediário (I) e desempenho superior (S). O desempenho mínimo deve ser atendido para todas as edificações, sendo os desempenhos intermediário e superior níveis classificatórios de desempenho, demonstrando uma melhor qualidade do imóvel.

As 6 (seis) partes da norma de desempenho contemplam avaliação de desempenho estrutural, de segurança contra incêndio, segurança no uso e na operação, estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, durabilidade e manutenibilidade, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico, e adequação ambiental.

Em se tratando de conforto, alguns aspectos são bastante subjetivos, caso do conforto térmico e acústico. A norma de desempenho vem estabelecer parâmetros mínimos e mensuráveis também destes aspectos subjetivos.

As edificações brasileiras, em sua maioria, não são construídas adequadamente em se tratando da proteção ao ruído intrusivo (Losso e Viveiros, 2011), logo, avaliar, in loco, o desempenho acústico das edificações é extremamente necessário.

Quanto ao desempenho acústico das edificações, a NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece requisitos e critérios de isolamento acústico de vedações verticais externas (fachada), isolamento acústico entre ambientes (paredes e lajes) e isolamento quando ao ruído de impacto.

É importante destacar que o isolamento acústico é uma propriedade do sistema construtivo e dos ambientes da edificação, não sendo estabelecido na norma de desempenho critérios de conforto acústico. O conforto acústico das edificações deve ser avaliado conforme NBR 10152 (ABNT, 1987).

Neste estudo foi analisado o isolamento acústico de vedações verticais externas (fachada), vedações verticais internas (entre apartamentos), vedações horizontais (sistema de piso) quanto ao ruído aéreo e quanto ao ruído de impacto.

As vedações verticais externas são responsáveis por garantir o desempenho acústico quanto aos ruídos produzidos no exterior da edificação e são constituídas essencialmente por paredes e esquadrias, os quais devem ter índices de redução sonora adequados, para um bom desempenho

acústico da fachada.

Já as vedações verticais internas devem garantir o conforto acústico no interior de um determinado apartamento, quanto ao ruído produzido em áreas comuns ou apartamentos adjacentes.

As vedações horizontais, sistema de piso, devem promover isolamento acústico tanto ao ruído aéreo quanto ao ruído de impacto.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é descrever a metodologia de ensaio, apresentar e discutir os resultados de isolamento sonoro promovido por vedações verticais e horizontais de edificações localizadas no nordeste brasileiro, uma vez que os mesmos não possuem projeto acústico.

3. MÉTODO

Os ensaios foram realizados em campo e foram adotados os métodos de ensaio especificados nas normas internacionais ISO 140-5 para ensaios de isolamento sonoro promovido pelas vedações verticais externas (fachadas) quanto ao ruído aéreo; ISO 140-4 para ensaios de isolamento sonoro promovido pelas vedações verticais e horizontais internas (entre apartamentos) quanto ao ruído aéreo; e ISO 140-7 para ensaios de nível de pressão sonora quanto ao ruído de impacto-padrão ponderado.

Os ensaios seguiram etapas listadas abaixo:

- Localização da edificação, escolha dos pavimentos a serem avaliados e demarcação dos pontos de medição. Seguindo as orientações das normas utilizadas como referência;
- Realização das medições em campo e obtenção dos resultados, utilizando para tal, equipamentos de medição específicos;
- Compilação dos resultados em software para obtenção do valor único de isolamento ponderado para cada vedação;
- Comparação dos resultados obtidos em campo com os requisitos estabelecidos na norma de desempenho NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

3.1. Descrição das vedações avaliadas

A avaliação de desempenho acústico foi realizada em diferentes vedações verticais externas (fachadas) e internas, e vedações horizontais, quanto ao ruído aéreo e ao ruído de impacto.

3.1.1. Vedações verticais externas (fachada)

Foram avaliadas duas vedações externas, uma executada em alvenaria cerâmica e revestimento em argamassa de espessura total igual a 14cm, com uma janela de correr de duas folhas em alumínio e vidro de 1,2mX1,2m, sendo o vidro de 4mm de espessura. A segunda vedação trata-se de uma pele de vidro, espessura de 4mm, com janelas maxim-ar.

Figura 1. Vedação externa com janela de correr.

Figura 2. Vedação externa em pele de vidro.

3.1.2. Vedações verticais internas (paredes de geminação)

Foram avaliadas 4 (quatro) vedações internas entre apartamentos (paredes de geminação), uma executada em tijolo cerâmico de 9cm, uma em tijolo cerâmico de 12cm, uma executada em bloco de concreto de 9cm e uma executada em bloco de gesso maciço de 10cm.

Foram avaliadas duas vedações horizontais (sistemas de piso), submetidas a ensaio de isolamento quanto ao ruído aéreo e de impacto. A primeira executada em laje maciça com espessura de 9cm e revestimento cerâmico, e a segunda executada em laje nervurada, revestimento cerâmico e forro de gesso.

3.1.3. Vedações verticais internas (paredes de geminação)

Foram avaliadas duas vedações horizontais (sistemas de piso), submetidas a ensaio de isolamento quanto ao ruído aéreo e de impacto. A primeira executada em laje maciça com espessura de 9cm, contrapiso de argamassa e revestimento cerâmico; e a segunda executada em laje nervurada,

contrapiso de argamassa, revestimento cerâmico e forro de gesso.

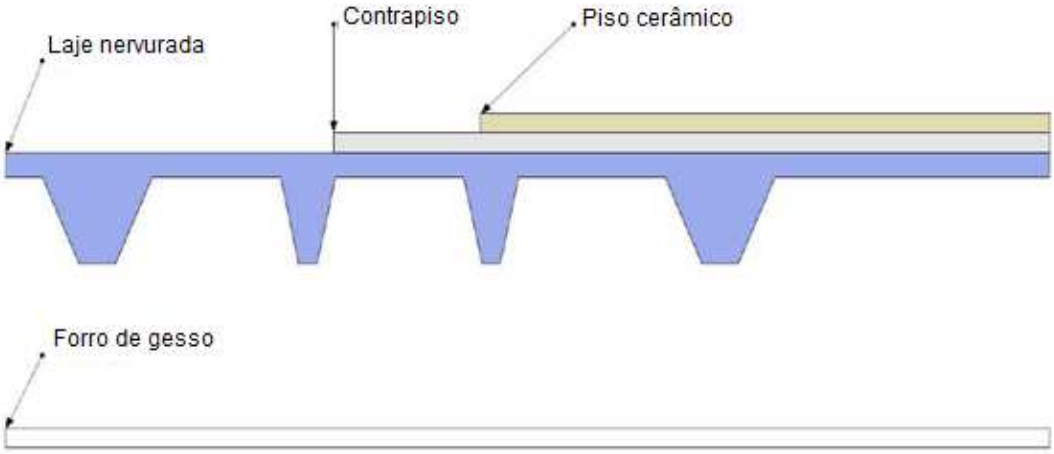

Figura 3. Desenho esquemático da laje nervurada.

3.2. Equipamentos utilizados

Os ensaios, realizados em campo, foram realizados utilizando equipamentos de acordo com as solicitações e recomendações das normas adotadas para cada ensaio. A Tabela 1 descreve os equipamentos utilizados nos ensaios

Tabela 1. Descrição dos equipamentos utilziados na realização dos ensaios.

EQUIPAMENTO	FABRICANTE
Medidor de Nível de Pressão Sonora – Classe 1	01dB
Calibrador Acústico – Classe 1	01dB
Fonte emissora de ruído omnidirecional	01dB
Tapping Machine	01dB
Software dBBati (compilação dos resultados)	01dB

3.3. Procedimentos de ensaio

Os ensaios foram realizados conforme procedimento descrito em cada norma específica.

O ensaio de isolamento acústico promovido pela vedação externa, ensaio de fachada, foi realizada exclusivamente nas vedações dos dormitórios. Para medição do ruído de emissão, a fonte emissora de ruído foi posicionada na área externa da edificação, a uma distância de 3,0m da fachada, e o medidor de nível de pressão sonora posicionado a 1,0m de distância da fonte, ou seja, 2,0m da fachada. Concluída a medição de emissão foi iniciada a medição de recepção, posicionando o medidor de nível de pressão sonora no interior do dormitório, e sendo obedecidas às distâncias mínimas entre o microfone e superfícies refletoras e entre posições de microfone.

O ensaio de isolamento acústico da vedação interna, tanto vertical quanto horizontal é realizado de forma similar ao ensaio de fachada, no entanto, neste ensaio a fonte emissora de ruído é posicionada

num dos apartamentos, sendo neste ambiente medido o ruído de emissão, e no apartamento adjacente medido o ruído de recepção. No ensaio de isolamento da vedação vertical foi avaliada a parede de geminação entre dois apartamentos vizinhos e no ensaio de isolamento da vedação horizontal a avaliação foi realizada para o sistema de piso.

Tanto no ensaio da vedação externa quanto da vedação interna foi realizada uma medição de imissão e, no mínimo, três medições de recepção.

O ruído de impacto-padrão ponderado foi realizado utilizando a Tapping Machine, equipamento padronizado utilizado para emissão do ruído de impacto. A Tapping Machine foi posicionada no pavimento superior em 5 (cinco) pontos distintos e o medidor de nível de pressão sonora no pavimento imediatamente inferior. Neste ensaio não é medido o ruído de emissão, apenas o ruído de recepção, uma vez que o equipamento produz um ruído de impacto-padrão.

Foram realizados também medições do ruído de fundo, ou ruído ambiente, definido por Gerges (1992) como sendo o ruído gerado por outras fontes que não o objeto de estudo.

As medições de emissão, recepção ruído de fundo tiveram duração de 30 segundos, tempo mínimo especificado nas normas de ensaio.

Além das medições de emissão, recepção e ruído de fundo foram medidos os tempos de reverberação (T60) das salas definidas como de recepção.

3.4. Requisitos e critérios da NBR 15575

Na parte 4 da NBR 15575 (ABNT, 2013) são apresentados, no anexo F, os valores para cada nível de desempenho. De acordo com os valores obtidos em ensaios de campo, a edificação pode ser classificada em nível Mínimo (M), Intermediário (I) ou Superior (S) de desempenho.

A norma de desempenho diferencia a avaliação de desempenho da vedação vertical externa de acordo com a localização da edificação. Sendo menos restritiva para edificações localizadas distantes de fontes de ruído intenso e mais restritiva quando a edificação esta sujeita a ruído intenso.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores da diferença padronizada de nível ponderada, a 2,0m da vedação externa ($D_{2m,nT,w}$) para cada nível de desempenho.

Tabela 2. Diferença padronizada de nível ponderada a 2,0m da fachada ($D_{2m,nT,w}$).

Elemento	$D_{2m,nT,w}$ (dB)	Nível de desempenho
Habitação localizada distante das fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20	M
	≥ 25	I
	≥ 30	S
Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III.	≥ 25	M
	≥ 30	I
	≥ 35	S
Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação.	≥ 30	M
	≥ 35	I
	≥ 40	S

Fonte: NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

Na Tabela 3 são apresentados os valores da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes (DnT,w), ou seja, os valores mínimos de isolamento acústico para vedações verticais internas e seus respectivos níveis de desempenho. A NBR 15575-4 (ABNT, 2013) apresenta requisitos distintos para avaliação das vedações verticais internas entre unidades habitacionais distintas e entre unidade habitacionais e áreas de uso comum, sendo mais restritiva quando um dos ambientes avaliados for dormitório.

Tabela 3. Diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, entre ambientes.

Elemento	**$D_{nT,w}$ (dB)**	**Nível de desempenho**
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório.	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos.	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de transito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos.	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥ 40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de laser e atividades esportivas, como *home theater*, salas de ginastica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Conjunto de paredes e portas de unidade distintas separadas pelo *hall* ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S

Fonte: NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

No anexo E da NBR 15575-3 (ABNT, 2013) são apresentados os valores para cada nível de pressão sonora de impacto-padrão ponderado ($L'_{nT,w}$) e diferença padronizada de nível ponderada ($D_{nT,w}$) para cada nível de desempenho.

Em se tratando de isolamento quanto ao ruído aéreo promovido pelo sistema de piso, a NBR 15575 apresenta requisitos para 4 (quatro) elementos de vedação distintos, ou seja, quatro situações possíveis. A Tabela 4 descreve o elemento e seu respectivo valor de diferença padronizada de nível ponderada ($D_{nT,w}$) para cada nível de desempenho.

Tabela 4 – Critérios de diferença padronizada de nível ponderada $D_{nT,w}$.

Elemento	**$D_{nT,w}$ (dB)**	**Nível de desempenho**
Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de transito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos. Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, nas situações onde não haja ambiente dormitório.	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como home theater, salas de ginastica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S

Fonte: NBR 15575-3 (ABNT, 2013)

Quanto ao nível de pressão sonora de impacto-padrão ponderado ($L'_{nT,w}$) em sistema de piso, a Tabela 5 descreve o elemento a ser avaliado e seus respectivos valores e níveis de desempenho.

Tabela 5 – Critério e nível de pressão sonora de impacto-padrão ponderado, $L'_{nT,w}$.

Elemento	**$L'_{nT,w}$ (dB)**	**Nível de desempenho**
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos.	66 a 80	M
	56 a 65	I
	≤ 55	S
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginastica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas.	51 a 55	M
	46 a 50	I
	≤ 45	S

Fonte: NBR 15575-3 (ABNT, 2013)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Vedações verticais externas (fachada)

As vedações verticais externas apresentaram resultados satisfatórios quando utilizada janela maxim-ar, atendendo à NBR 15575 (ABNT, 2013). Já quando utilizada janela de correr, mesmo que de área menor que a janela maxim-ar, os resultados não atendem ao desempenho mínimo especificado na NBR 15575 (ABNT, 2013).

Os resultados estão apresentados nas duas situações avaliadas estão apresentado na Figura 4.

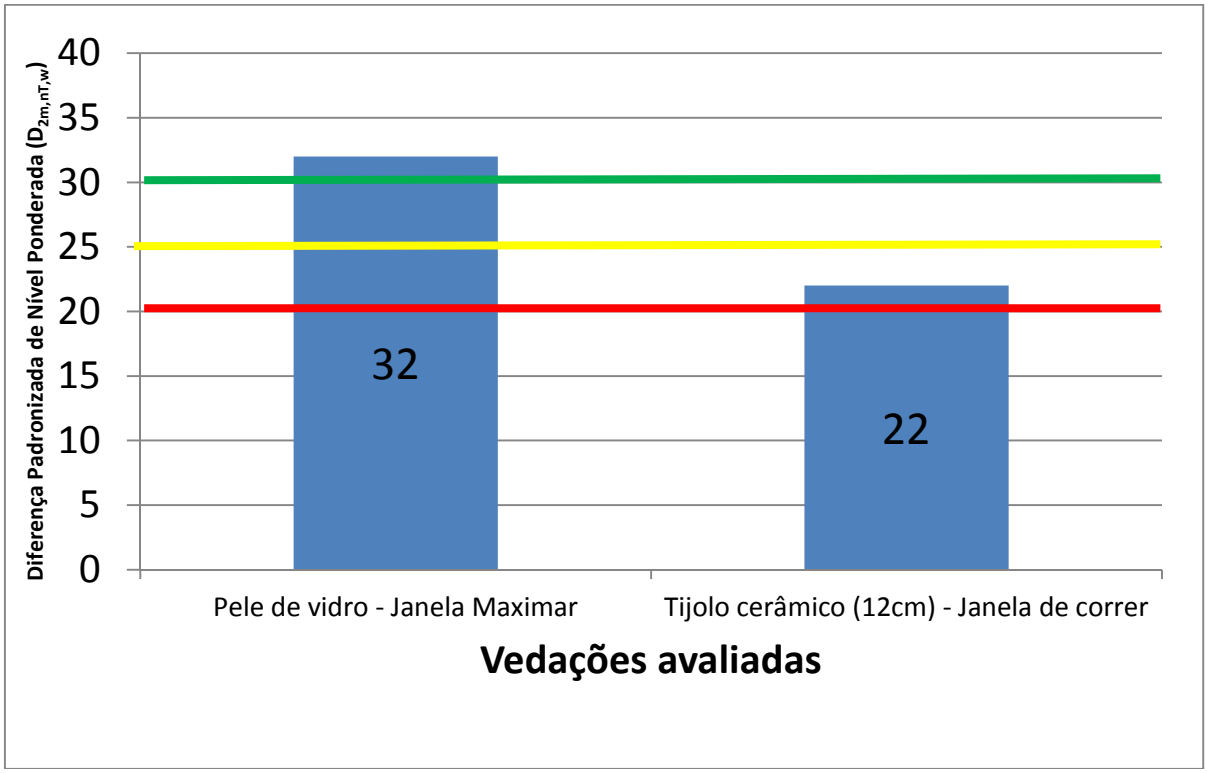

Figura 4. Resultados do desempenho acústico das vedações verticais externas avaliadas.

Conforme pode ser observado, a pela de vidro com emprego de janela maxim-ar atende às 3 classes de ruído, atendendo em nível superior de desempenho para classe I, intermediário para Classe II e mínimo para classe III. Enquanto que a vedação em alvenaria com janela de correr atende apenas ao nível mínimo para classe I, não atendendo as classes II e III.

4.2. Vedações verticais internas (parede de geminação)

Foram avaliadas quadro vedações verticais internas, paredes de geminação entre salas. Conforme pode ser observado na Figura 5, apenas a vedação executada em bloco de gesso atende ao desempenho mínimo preconizado na NBR 15575 (ABNT, 2013). As demais vedações internas não atende aos requisitos mínimos, porém, o tijolo cerâmico com 12cm de espessura e o bloco de concreto com 9cm apresentam resultados muito próximo do atendimento.

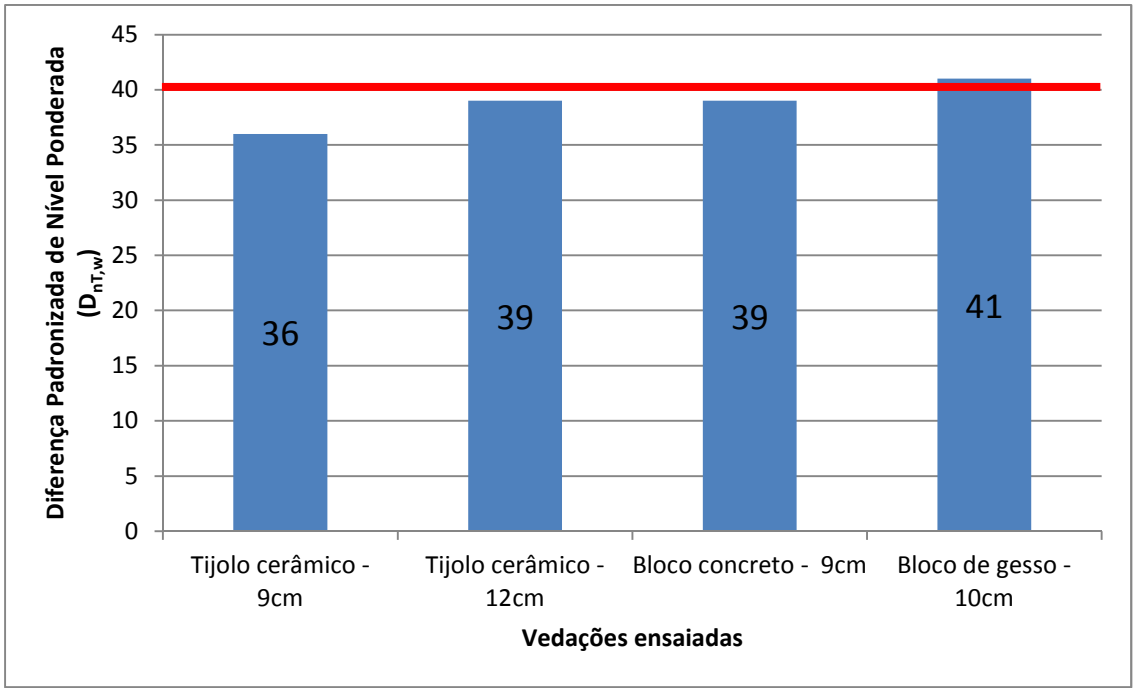

Figura 5. Resultados do desempenho acústico das vedações verticais internas avaliadas.

4.3. Vedações horizontais quanto ao ruído aéreo (sistema de piso)

Os dois sistemas de piso, avaliados quanto ao ruído aéreo, atendem em nível intermediário de desempenho. O sistema de piso composto por laje nervurada, contrapiso, revestimento cerâmico e forro de gesso possui uma melhor desempenho que uma laje maciça de 10cm com contrapiso, revestimento cerâmico, mas sem o forro de gesso.

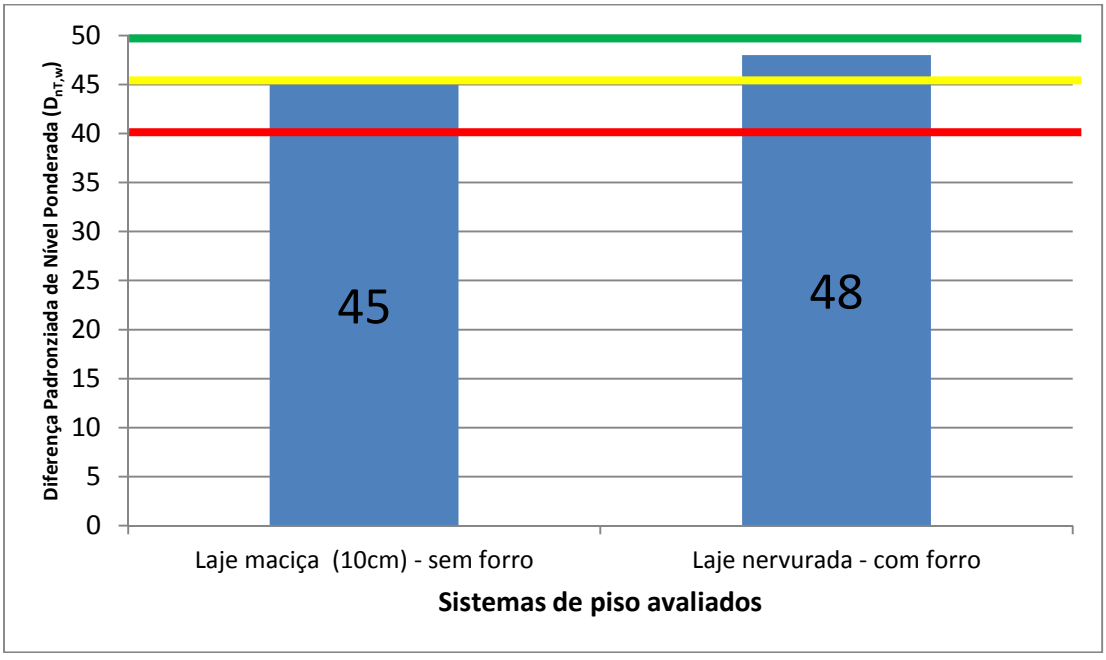

Figura 6. Resultados do desempenho acústico das vedações verticais internas avaliadas.

4.4. Vedações horizontais quanto ao ruído de impacto (sistema de piso)

Quanto ao ruído de impacto padrão ponderado os resultados, tanto para a laje nervurada com forro como a laje maciça sem forro, apresentaram-se satisfatórios, atendendo ao desempenho mínimo da NBR 15575 (ABNT, 2013).

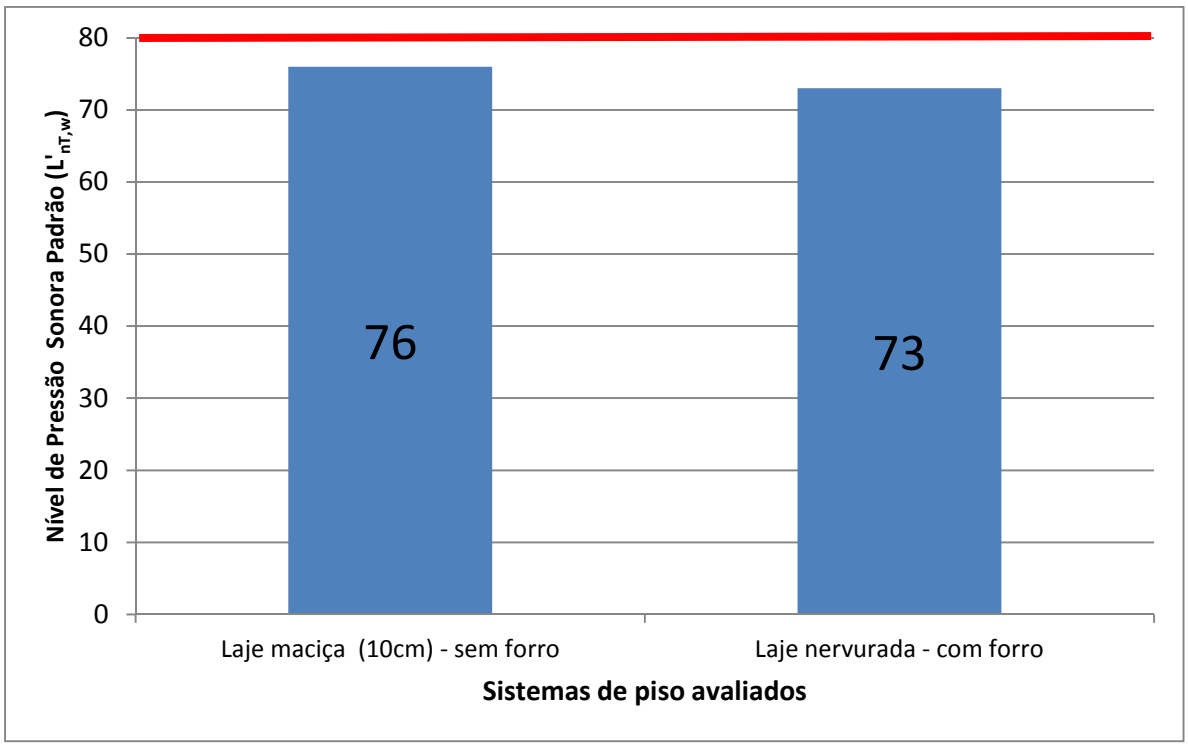

Figura 7. Resultados do desempenho acústico das vedações verticais internas avaliadas.

5. CONCLUSÕES

Após avaliação dos resultados podemos concluir que:

As vedações verticais externas mais usuais no nordeste brasileiro, aquelas comportas por janela de correr, possuem um baixo isolamento acústico. Enquanto que as janelas maxim-ar, pouco utilizadas, possuem um ótimo desempenho quanto ao ruído externo.

As vedações internas que dividem dois empreendimentos, parede de geminação, mais utilizadas possuem desempenho acústico bem próximo, no entanto, apenas as vedações executadas em blocos de gesso atendem ao desempenho mínimo.

Quanto aos sistemas de piso avaliados, laje nervurada com forro de gesso e laje maciça sem forro de gesso, ambos atendem à NBR 15575 (ABNT, 2013), em níveis intermediário e superior, respectivamente. No entanto, o sistema de piso que emprega forro de gesso possui um melhor desempenho que o sistema que não possui o forro de gesso, reiterando a afirmação realizada por Pereyron & Pizzutti (2007), de que a laje com contrapiso, associada ao forro de gesso apresenta melhor desempenho acústico que a laje no “osso” e com contrapiso, possivelmente em função do afastamento existente entre o forro de gesso e a laje nervurada.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Tecomat – Tecnologia da Construção e Materiais, que nos permitiu a forneceu os equipamentos para realização dos ensaios, e às construtoras que nos permitiram realizar os ensaios em suas obras.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575 Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

[2] LOSSO, Marco Aurélio Faria; VIVEIROS, Elvira. Acoustics versus natural ventilation in southern Brazilian educational buildings. In: WINCK, Scheila Simone; SCHMID, Aloisio Leoni. Atenuação de ruído na ventilação forçada em residências: análise experimental de um protótipo inovado. Revista da Sociedade Brasileira de Acústica – SOBRAC, 43ª Edição, pp. 07 -12, Santa Maria, 2011.

[3] PEREYRON D. & PIZZUTTI J.J., Laje nervurada: análise da performance acústica para ruídos de impacto. Artigo publicado em anais. 2007.

[4] MICHALSKI, Ranny Loureiro Xavier Nascimento. Um resumo do desempenho acústico em edifícios habitacionais conforme a norma brasileira ABNT NBR 15575. Revista da Sociedade Brasileira de Acústica – SOBRAC. 41ª Edição, pp. 13-20, Santa Maria, 2010.

[5] GERGES, S. N. Y. Ruído: Fundamentos e Controle. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.