



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

AVALIAÇÃO DA ISOLAÇÃO SONORA DE PAREDES DE ALVENARIA USADAS COMO DIVISÓRIAS INTERNAS EM HABITAÇÕES

Rodrigo Barcelos Pinto¹; Erasmo Felipe Vergara²; Dinara Xavier da Paixão³.

(1) Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria/RS, Brasil – e-mail: a1arquiteto@gmail.com

(2) Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria/RS, Brasil – e-mail: efvergara@gmail.com

(3) Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria/RS, Brasil – e-mail: dinarapaixao@smail.ufsm.br

RESUMO

Neste trabalho são avaliados quatro tipos de paredes de alvenaria utilizadas como divisórias internas de um edifício habitacional da construção civil brasileira, quanto à isolamento sonora aérea *in situ*. As paredes de alvenaria estudadas compõem a estrutura de um edifício residencial de quatro pavimentos construído com estrutura mista de concreto armado e alvenarias portantes, onde essas são compostas por blocos cerâmicos maciços e com furos, possuindo também, espessuras diferenciadas. As avaliações acústicas foram realizadas de acordo com as normas internacionais ISO 140 parte 4, ISO 717 parte 1 e ISO 354. As avaliações da isolamento sonora aérea das paredes de alvenaria foram desenvolvidas em termos da quantificação da diferença padronizada de nível, da diferença padronizada de nível ponderada e dos critérios do nível de desempenho acústico estabelecidos pela norma brasileira NBR 15575. Os resultados mostram que as paredes analisadas atendem aos critérios mínimos do nível de desempenho acústico, estabelecidos pela NBR 15575.

Palavras-chave: isolamento sonora aérea; paredes internas; desempenho acústico.

1 INTRODUÇÃO

No decorrer do tempo os ambientes edificados evoluíram e novos materiais foram introduzidos na construção civil. Mais leves e esbeltos esses reduziram a carga nas estruturas e as espessuras das paredes, no entanto, com a redução da massa desses materiais, o isolamento de ruído aéreo das paredes simples decresceu, piorando o desempenho acústico das habitações. Duarte & Viveiros (2007) demonstram que as vedações verticais (paredes) atuais são menos eficazes que as de antigamente.

Pesquisas na área de acústica de edificações são de grande valia para verificar o comportamento de isolamento sonoro aéreo dos elementos de vedação e podem ser realizadas, entre outros modos, por meio de experimentos em laboratório ou *in situ*.

Estudos laboratoriais refletem circunstâncias “idealizadas”, promovendo resultados mais elevados do que os encontrados nos edifícios. As análises *in situ* demonstram mais fielmente os resultados de isolamento sonoro, pois estão sujeitas às transmissões por flancos. Cocchi e Semprini (2003), em estudo sobre isolamento sonora e transmissão por flancos, ressaltam a importância de se levar em consideração esse tipo de transmissão, pois uma diferença de 3 dB equivale a um ganho de 50%, em se tratando de energia acústica. Conforme Taibo e de Dayan (1984), que realizaram estudo comparativo de isolamento sonora aérea medida em laboratório e *in situ*, o resultado de campo ficou 6 dB abaixo do resultado obtido em laboratório.

Resultados da diferença padronizada de nível ponderada, encontrados por Neto e Bertoli (2008), alcançaram valores de 42 dB para uma parede entre duas unidades de habitação, avaliada em campo, constituída para blocos cerâmicos de 14 cm e revestimento de 1,0 cm em ambos os lados.

1.1 Determinação de níveis sonoros de isolamento

1.1.1 Níveis de pressão sonora conforme ISO 140-4

Para determinar a isolamento sonora aérea de divisórias (paredes), em campo, podem ser utilizadas algumas expressões, recomendadas pela norma ISO 140, na sua parte 4. A norma brasileira NBR 15575, na parte 4, recomenda que o método de avaliação de divisórias verticais, em campo, deva ser determinado através da diferença padronizada de nível D_{nT} , nas bandas de terço de oitava entre 100 Hz e 3.150 Hz. A diferença padronizada de nível representa a diferença de nível, em dB, correspondente ao valor de referência do tempo de reverberação na sala de recepção.

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad (\text{eq. 1})$$

L_1 – nível de pressão sonora médio na sala de emissão, em dB,

L_2 – nível de pressão sonora médio na sala de recepção, em dB,

T – tempo de reverberação medido na sala de recepção, em segundos,

T_0 – tempo de reverberação de referência; para habitações $T_0 = 0,5$ s.

O isolamento sonoro aéreo de uma divisória pode ser representado por um número único, em termos da diferença padronizada de nível ponderada $D_{nT,w}$, expressa em dB. A determinação da diferença padronizada de nível deve seguir as recomendações de cálculo da norma ISO 717, parte 1. Este número único poderá ser usado para classificar o nível de desempenho acústico da divisória que está sendo avaliada, de acordo com os valores do critério da norma brasileira NBR 15575.

1.1.2 Desempenho acústico de acordo com a NBR 15575-4

A norma brasileira NBR 15575 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos aprovada em 2008 e válida a partir de 2010, descreve condições que uma edificação deve atender de

habitabilidade e utilização. A parte 4 dessa norma estabelece requisitos para avaliar o desempenho das vedações verticais externas e internas. As vedações verticais exercem, independentemente de serem estruturais ou apenas de vedação, funções importantes, dentre essas, isolamento acústico. O item 12 da parte 4 trata sobre o desempenho de isolamento acústico e estabelece critérios para medição e avaliação dos resultados, classificando-os em níveis de aceitação: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S).

2 OBJETIVO

Objetivo do presente trabalho é estudar o comportamento, quanto ao isolamento sonoro aéreo, de paredes utilizadas em habitações da construção civil brasileira, na cidade de Santa Maria/RS, através de ensaios experimentais *in situ*, comparar os resultados entre si e com as recomendações da norma brasileira NBR 15575 parte 4 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos.

3 METODOLOGIA

A isolamento acústico das paredes divisórias habitacionais foi determinada através de medições *in situ*, em termos da diferença padronizada de nível D_{nT} , e realizadas de acordo com as diretrizes das normas internacionais ISO 140 parte 4. A quantificação do número único, a diferença padronizada de nível $D_{nT,w}$, foi realizada conforme a norma ISO 717 parte 1, e a norma ISO 354 foi aplicada para mensurar o tempo de reverberação na sala de recepção, utilizado para corrigir a absorção sonora equivalente do ambiente.

Na aquisição dos dados foram utilizados os seguintes equipamentos: medidor de nível de pressão sonora tipo 1; microfone de precisão; calibrador acústico tipo 1 (1.000 Hz, 94 dB, ref. 20 μ Pa); fonte sonora; programa computacional para aquisição dos sinais e cálculos dos índices sonoros e computador portátil.

Na coleta dos níveis de pressão sonora nas salas de emissão e recepção foi utilizado ruído aleatório de banda larga, e para medir o tempo de reverberação, o mesmo ruído foi empregado, porém, com interrupção da fonte sonora. Os níveis de pressão sonora foram registrados em bandas de terço de oitava na faixa de frequências entre 100 a 5.000 Hz.

3.1 Paredes de alvenaria





No presente trabalho foram selecionadas diferentes amostras de paredes de alvenaria de acordo com o tipo de material empregado na construção das alvenarias das habitações, compondo assim, amostragens com materiais e espessuras variados.

As medições acústicas ocorreram em um edifício residencial da cidade de Santa Maria/RS, onde esse é composto por hall de entrada, salão de festas e garagens no pavimento térreo e dois apartamentos por pavimento, totalizando seis unidades habitacionais. Tal edifício foi construído com um sistema de estruturação mista, ou seja, térreo sob pilotis (concreto armado), 1º e 2º pavimentos erigidos com tijolos cerâmicos maciços e o 3º pavimento construído com blocos cerâmicos de seis furos. O pavimento tipo foi edificado com duas espessuras de parede diferentes: 15 cm e 22 cm.

Quatro divisórias foram avaliadas: duas paredes compostas por tijolos cerâmicos maciços, medidas no 1º pavimento, e as demais com tijolos cerâmicos de seis furos, mensuradas no 3º pavimento. As paredes que são compostas pelo mesmo tipo de material diferenciam-se pela espessura final da alvenaria, considerando a parede pronta, ou seja, com revestimento de argamassa de 2,5 cm em ambas as faces.

As paredes ensaiadas possuem a seguinte denominação: parede de tijolo maciço de 22 cm de espessura (PTM22); parede de tijolo maciço de 15 cm de espessura (PTM15); parede de tijolo furado de 20 cm de espessura (PTF20) e parede de tijolo furado de 15 cm de espessura (PTF15). Os tipos e dimensões dos blocos das paredes amostradas podem ser vistas na Tabela 1.

Tabela 1 – Tipo e dimensão dos blocos de cada amostra

Amostra		Parede de tijolo	Dimensão do bloco (cm)	Espessura da parede (cm)
PTM22		maciço	17 x 5 x 22	22
PTM15		maciço	10 x 5 x 22	15
PTF20		6 furos	15 x 10 x 19	20
PTF15		6 furos	10 x 10 x 19	15

As medições foram realizadas nas paredes de alvenarias de separação de dormitórios. Durante as mesmas a temperatura esteve compreendida entre 23,0°C e 26,8°C e a umidade relativa do ar entre 65% e 76%. O microfone foi posicionado a uma altura de 1,35 m e os pontos, em número mínimo de cinco, foram afastados uns dos outros, das paredes e da fonte conforme as recomendações da ISO 140-4. A Fig. 1 descreve a medição realizada em um dos compartimentos.

**Figura 1** - Descrição da montagem de equipamentos e medição da isolamento acústico de parede de alvenaria.

Na tabela 2 são especificados as áreas das amostras das paredes de alvenaria e os volumes das salas de emissão e recepção.

Tabela 2 – Descrição das áreas e volume das salas das amostras de paredes de alvenaria ensaiadas.

Amostra	Área da parede (m ²)	Volume sala emissão (m ³)	Volume sala recepção (m ³)
PTM22	10,5	50,2	37,7
PTM15	7,0	37,7	33,1
PTF20	10,5	50,2	37,7
PTF15	7,0	37,7	33,1

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A determinação da diferença padronizada de nível depende da quantificação dos níveis de pressão sonora medidos na sala de emissão (L_1) e na sala de recepção (L_2), assim como também do tempo de reverberação na sala de recepção (T). Nas Figs. 1 e 2 são apresentados os valores médios de L_1 , L_2 e T ,

respectivamente, em bandas de frequências de terço de oitava, na faixa entre 100 e 5.000 Hz, para as avaliações da isolamento sonora das paredes de alvenaria PTM22, PTM15, PTF20 e PTF15. Na Fig. 3 os níveis de pressão sonora na sala de emissão e na sala de recepção da cada parede de alvenaria avaliada são acompanhados pelas letras ‘e’ e ‘r’ para mostrar a sala onde foi medido o nível sonoro.

Os resultados da diferença padronizada de nível, por bandas de terço de oitava, das paredes de tijolo maciço (PTM22 e PTM15) e de tijolo furado (PTF20 e PTF15) podem ser visualizados nas Figs. 4 e 5, respectivamente.

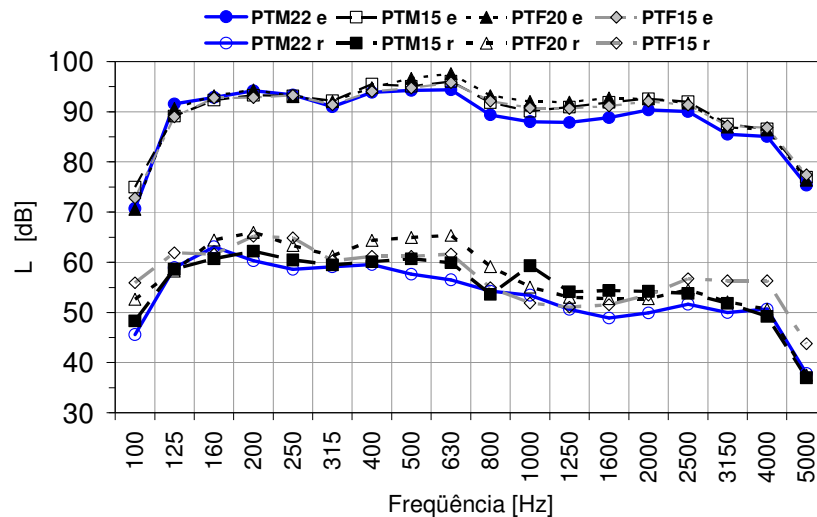


Figura 2 - Níveis de pressão sonora (L) na sala de emissão e de recepção das paredes de alvenaria avaliadas.

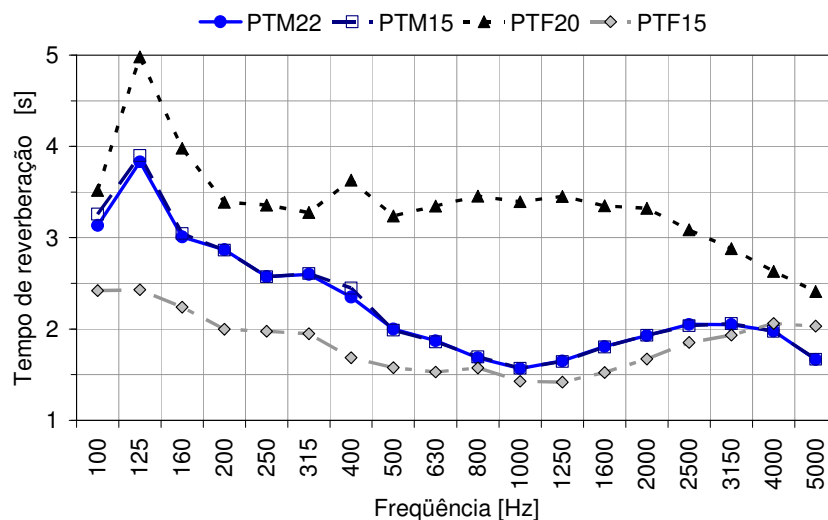


Figura 3 – Tempo de reverberação na sala de recepção das paredes de alvenaria avaliadas.

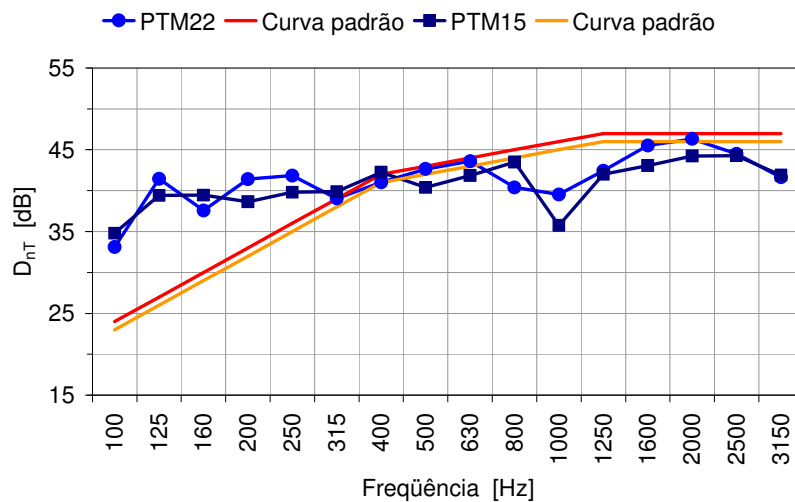


Figura 4 - Diferença padronizada de nível das paredes de tijolo maciço PTM22 e PTM15.

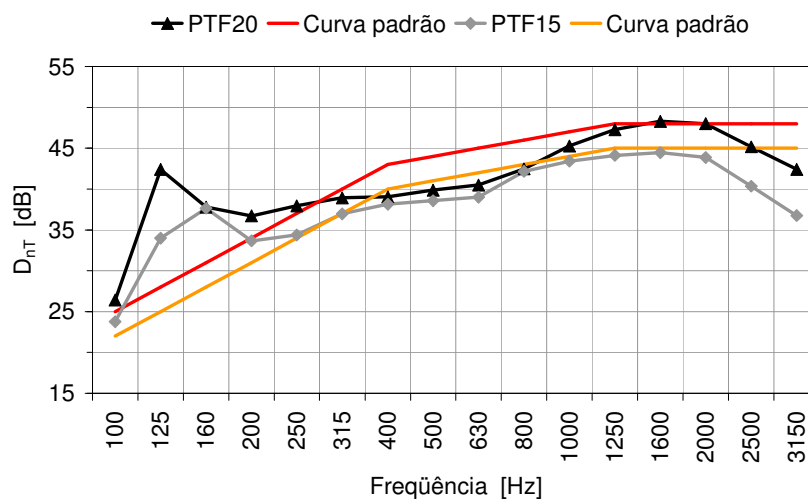


Figura 5 - Diferença padronizada de nível das paredes de tijolo furado: PTF20 e PTF15.

Comparando os espectros da diferença padronizada de nível das paredes de tijolos maciços de 22 cm (PTM22) e 15 cm (PTM15), na Fig. 4, observa-se, de uma forma geral, que as curvas de isolamento dessas amostras são bastante próximas, mesmo com uma diferença de 7 cm na espessura final. Os valores da diferença padronizada de nível estão em torno dos 40 dB para as paredes PTM22 e PTM15, na faixa de frequência entre 125 e 800 Hz, e dos 45 dB, na faixa entre 1.600 e 2.500 Hz. Na banda de frequência de 1.000 Hz observa-se uma queda na diferença padronizada de nível da parede PTM15, associada principalmente à localização da frequência crítica nessa banda.

Na Fig. 5 comparam-se os espectros da diferença padronizada de nível das paredes de tijolos furados de 20 cm (PTF20) e 15 cm (PTF15), e verifica-se uma similaridade no delineamento das curvas, porém, a parede PTF 20 apresenta uma maior isolamento sonora em toda a faixa de análise, 100 e 5.000 Hz. Nas bandas de frequência de 160 Hz e 500 Hz os valores de D_{nT} , para as duas amostras, estão abaixo dos 40 dB, e a partir dos 630 Hz esses valores começam a ascender, onde a PTF20 atinge, aproximadamente, 48 dB nas bandas de frequência de 1.600 e 2.500 Hz. Acima de 1.000 Hz a parede de tijolo PTF20 possui uma nítida melhora com relação a parede de tijolo PTF15, mesmo apresentando uma queda entre 3.150 e 4.000 Hz. Esse decaimento também ocorre na parede PTF15. Constata-se que uma maior isolamento da parede PTF20 está associada com o aumento da espessura em 5 cm, devido à presença de argamassa nas duas faces.

Na Fig. 6 são apresentadas as diferenças de nível de pressão sonora entre os valores da diferença

padronizada de nível e a respectiva curva padrão, para cada parede de alvenaria avaliada, na faixa de bandas de frequência entre 100 e 3.150 Hz. Os valores positivos da diferença padronizada de nível (D_{nT}) indicam que os valores obtidos experimentalmente da D_{nT} são superiores aos valores da curva de referência ajustada para a determinação da diferença padronizada de nível padronizada $D_{nT,w}$. Os valores negativos da diferença padronizada de nível (D_{nT}) correspondem aos desvios desfavoráveis em relação à curva de referência, e estes valores são usados na determinação do número único $D_{nT,w}$.

Os desvios favoráveis, que correspondem às diferenças positivas entre a diferença padronizada de nível e a respectiva curva de referência, para as quatro paredes de alvenaria avaliadas, estiveram entre as bandas de frequência entre 100 e 250 Hz. Os maiores desvios favoráveis foram alcançados na frequência de 125 Hz, para as paredes PTM22, PTM15 e PTF20, com valores em torno dos 14 dB.

Os desvios desfavoráveis alcançaram valores negativos entre as bandas de 500 e 3.150 Hz, para as quatro paredes de alvenaria avaliadas. Para as paredes de tijolo maciço PTM22 e PTM15, na banda de frequência de 1.000 Hz, os desvios alcançaram valores 6,5 e 9,3 dB. Por outro lado, para as paredes de tijolo furado PTF20 e PTF15 os desvios ficaram em torno de 5,6 e 8,3 dB, respectivamente, na banda de frequência de 3.150 Hz.

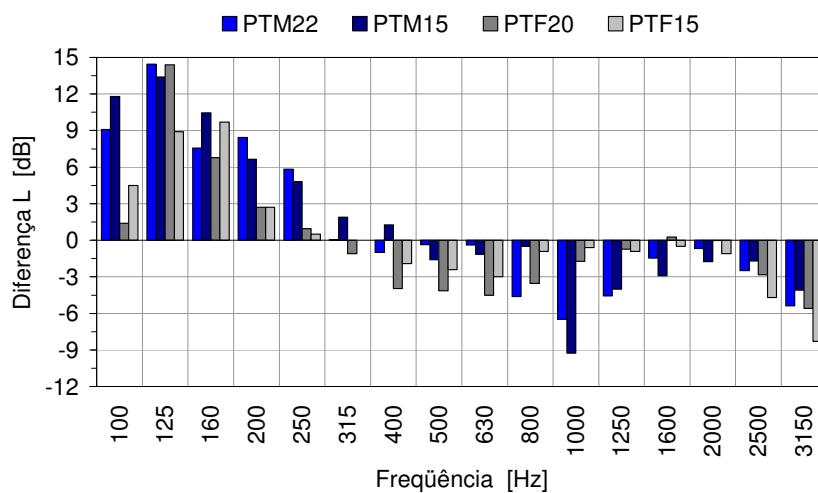


Figura 6 - Diferença comparativa entre a diferença de nível padronizada das paredes analisadas.

Os resultados da diferença padronizada de nível ponderada $D_{nT,w}$, mostrados na Tabela 3, demonstram que todas as amostras ensaiadas atendem aos níveis mínimos (M) de desempenho da NBR 15575-4. A NBR 15575-4 classifica como nível mínimo de desempenho acústico, para paredes entre dormitórios, resultados que possam $D_{nT,w}$ compreendidos entre 40 e 44 dB.

Tabela 3 - Classificação do nível de desempenho das paredes de alvenaria.

Amostra	$D_{nT,w}$ (dB)	Nível de desempenho
PTM22	43	M
PTM15	42	M
PTF20	44	M
PTF15	41	M

5 CONCLUSÕES

Neste estudo, a diferença padronizada de nível ponderada $D_{nT,w}$, de quatro paredes de alvenaria analisadas, demonstra que a isolamento sonora aérea atendeu aos níveis mínimos de desempenho recomendados pela norma brasileira NBR 15575 do Anexo F.

Verificou-se que nas paredes de tijolos maciços não houve uma grande distinção de resultados, tanto nas curvas como no valor da diferença padronizada de nível ponderada, mas destaca-se uma considerável redução na queda da curva da parede PTM22 na banda de 1.000 Hz, e um melhor desempenho dessa parede nas baixas frequências, ou seja, abaixo de 400 Hz.

Nas paredes de tijolos furados (PTF15 e PTF20) observou-se um delineamento semelhante nas curvas, porém com uma maior isolamento sonora da parede PTF20, associada ao aumento da espessura da mesma em 5 cm.

De um modo geral, o aumento da espessura das paredes contribuiu para uma melhoria no desempenho de isolamento acústico entre amostras compostas pelo mesmo material. Mas se compararmos todas as paredes estudadas entre si, verifica-se que não é apenas a espessura e o tipo de material constituinte da parede que contribui para um melhor desempenho acústico.

Verificou-se que a comparação dos resultados ponderados demonstra que a $D_{nT,w}$ não é a representação mais completa do desempenho de isolamento de uma partição, e sim a diferença padronizada de nível em função da frequência, que permite verificar em que faixa de frequência as paredes de alvenaria avaliadas é mais eficiente do ponto de vista da isolamento sonora aérea.

Considerando que a percepção subjetiva é maior nas altas frequências, principalmente aos 1.000 Hz, onde a correlação do som emitido e percebido pelo ouvido humano é grande, observa-se que as curvas da D_{nT} em quase todas as amostras, nessa faixa de frequência, situam-se próximas ou acima dos 40 dB (nível de desempenho mínimo estabelecida pelo NBR 15575 para paredes entre dormitórios).

Constatou-se que, para verificar o desempenho de isolamento acústica ou sua classificação dentro dos parâmetros da NBR 15575, as avaliações acústicas das paredes devem ser realizadas em todos os pavimentos da edificação que possuem paredes de alvenaria com materiais e características distintas (densidade, espessura, propriedades elásticas, etc.), caso contrário pode-se classificar um edifício com um desempenho que não corresponda à sua totalidade.

5 REFERÊNCIAS

COCCHI, A. SEMPRINI, G (2003). Sound Insulation and Flanking Transmission: from U.E. Directive 89/106 to the flanking transmission loss experimental measurement, Euro noise, Naples, paper ID: 487/p.2.

DUARTE, E. de A. C; VIVEIROS, E (2007). Desempenho acústico na arquitetura residencial brasileira: paredes de vedação. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 7, pp. 159-171.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575:2008 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

International Organization for Standardization. ISO 140-4: 1998. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 4: Field measurements of airborne insulation between rooms.

_____. ISO 717-1: 1997. Acoustic: Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation.

_____. ISO 354:2003. Measurement of sound absorption in a reverberation room.

NETO E BERTOLI (2008). Conforto acústico entre unidades habitacionais em edifícios residenciais de São Paulo, Brasil. Acústica 2008.

TAIBO, L.; de DAYAN, H. G (1984). Comparison of laboratory and field sound insulation measurements of party walls and facade elements. The Journal of the Acoustical Society of America. vol. 75, pp. 1522-1531.