

ISOLAMENTO ACÚSTICO DE PAREDES DE UM DORMITÓRIO POR MODELO SIMPLIFICADO

Acoustic insulation of a bedroom walls by simplified model

Pedro Henrique Gonçalves¹, Michele Tereza Marques Carvalho²

Recebido em 25 de outubro de 2017; aceito em 20 de dezembro de 2017; disponível on-line em 26 de abril de 2018.



PALAVRAS CHAVE:

Desempenho acústico;
Isolamento sonoro;
Sistema de vedação;
Projeto;
Previsão.

KEYWORDS:

Performance;
Acoustic insulation;
Sealing system;
Design;
Prediction.

RESUMO: Após um longo período de debates, entrou em vigor a Norma de Desempenho - NBR 15.575 (ABNT,2013), instituindo níveis de desempenho mínimo ao longo da vida útil de uma edificação. Em relação ao desempenho acústico a norma determina que a edificação habitacional deva apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas. Para que os critérios de desempenho acústico exigidos sejam cumpridos, com o edifício acabado, é necessário um estudo de isolamento na fase de projeto e a posterior comprovação desse desempenho quando a edificação já estiver concluída. Este trabalho buscou determinar o isolamento acústico de paredes de vedação de um dormitório em um projeto habitacional que será localizado em Anápolis/GO, prevendo sua composição por alvenaria de bloco cerâmico. Para tanto, foi feita a predição por método de cálculo definida no Norma ISO 12.354-1 (EN, 2000), através do qual foram determinados os índices de redução sonoros ponderados e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada dos componentes e sistemas construtivos das paredes de vedação. Além disso, foram recalculados os atenuantes sonoros de quatro sistemas construtivos dos DATec's. Os resultados obtidos mostraram que, sobretudo as paredes de vedação interna, não atingiram o desempenho acústico mínimo previsto na norma. Constatou-se ainda que determinados componentes diminuem consideravelmente o isolamento acústico das paredes de vedação. Comprovou-se, também, a importância da avaliação do desempenho acústico das edificações na etapa de projeto.

ABSTRACT: After a long period of discussions, the Performance Standard - NBR 15.575 (ABNT,2013) entered into force, instituting minimum performance levels throughout the life of a building. Regarding the acoustic performance, the standard establishes that the housing construction must present adequate acoustic insulation of the external fences and adequate acoustic insulation between common and private areas. In order for the required acoustic performance criteria to be met, with the finished building, an isolation study is required at the design stage and subsequent proof of this performance when the building is completed. This paper aimed to determine the acoustic insulation of the walls of a dormitory in a housing project that will be located in Anápolis / GO, predicting its composition by masonry of ceramic block. In order to do so, the calculation method defined in Standard ISO 12.354-1 (EN, 2000) was used to determine the weighted sound reduction indices and the Standardized Weighted Level Difference of the components and construction systems of the walls. In addition, the sound attenuators of four DATec's construction systems were recalculated. The results showed that, especially the internal sealing walls, did not reach the minimum acoustic performance predicted in the standard. It has further been found that certain components considerably decrease the acoustic insulation of the sealing walls. It was also verified the importance of evaluating the acoustic performance of the buildings in the design stage.

* Contato com os autores:

¹ e-mail: arquiteto.ph@gmail.com (P. H. Goncalves)

Arquiteto e Urbanista, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil na Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Docente, Universidade Federal de Goiás.

² e-mail: micheletezeza@gmail.com (M.T. M. Carvalho)

Engenheira Civil, Doutora, Docente, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o ruído urbano tem sido o causador da poluição sonora que afeta a saúde e o bem-estar do ser humano, é uma das formas de poluição onde atinge um elevado número de pessoas. A importância da acústica nas edificações reflete-se no desempenho destas a nível da sua capacidade de proporcionar, no interior das habitações, um ambiente protegido de ruídos para os seus ocupantes.

Desde a década de 1970, com o início do movimento de racionalização da construção civil que buscava diminuir os custos das edificações, vêm crescendo os transtornos e reclamações causados por níveis excessivos de ruídos no cotidiano das pessoas, devido, sobretudo, aos elementos estruturais e arquitetônicos cada vez mais leves e esbeltos, fachadas muito expostas e sem tratamento adequado, materiais empregados na interface com pouco isolamento e instalações hidrossanitárias e equipamentos barulhentos comprometendo a qualidade de vida e a produtividade dos usuários.

Neto (2006) afirma que, o desconforto acústico pode desenvolver graves problemas patológicos e psicoemocionais nas pessoas. Dessa forma o desempenho acústico deve ser tão ou mais importante do que a estética da edificação, onde atualmente algumas edificações, o tema tem se destacado como alvo de recorrentes reclamações, gerando problemas para os residentes e entre os mesmos. O problema, muitas vezes, causado no momento da escolha do sistema de atenuação do ruído, sendo não raro analisado somente pelos aspectos econômicos e de praticidade de execução.

Com a entrada em vigor da norma de desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2013), o conforto acústico, muitas vezes negligenciado por falta de regulamentação, ganhou grande importância nas construções futuras de unidades habitacionais no Brasil, passando a exigir uma mudança de postura de fornecedores/fabricantes de materiais, projetistas e construtoras a fim de atender, pelo menos, o nível de desempenho mínimo exigido pela norma.

No tocante ao desempenho acústico dos elementos de uma edificação, a norma de desempenho estabelece critérios e requisitos para os sistemas de pisos, vedações internas e externas, coberturas e, de caráter não obrigatório, instalações hidrossanitárias. Esta nova avaliação do desempenho dos sistemas construtivos é, incontestavelmente, um avanço para o setor, porém, a cadeia produtiva precisa encarar estes novos desafios respondendo esta nova demanda.

É importante ressaltar ainda que, como as construções são compostas por elementos heterogêneos, e, grande parte dos estudos encontrados na literatura brasileira foram realizados para avaliar o desempenho acústico de elementos homogêneos. Porém, em decorrência das características dos componentes nos nossos sistemas construtivos, por exemplo, paredes de vedações com portas, janelas, tubulações e instalações elétricas, uma grande correlação entre o desempenho acústico e a composição dos sistemas construtivos deve ser considerada.

Uris et al. (2007), Nightingale e Quirt (1998) e Egan (1988), exemplificam um fato que geralmente é negligenciável, onde as caixas de passagem das instalações elétricas exercem forte influência no desempenho acústico da edificação, variando conforme o tipo de material empregado e a disposição das caixas no interior das paredes. Os resultados obtidos em pesquisas já realizadas como por exemplo, Neto e Neto e Bertolli (2010); Duarte e Viveiro (2007); Zannin e Ferreira (2006); mostraram que, sobretudo que o desempenho acústico mínimo previsto na norma ainda é muito frágil. Constatou-se ainda que determinados componentes com o passar dos anos diminuíram consideravelmente o seu isolamento acústico.

Como discutido nas alíneas acima, nota-se que é complexo a previsão do desempenho acústico nas edificações devido a composição dos seus elementos construtivos. Este trabalho tem como objetivo, avaliar o desempenho acústico dos elementos de vedação um dormitório de um edifício residencial, especificamente, avaliar a influência dos componentes no desempenho acústico das quatro paredes de vedação do

dormitório e prever as alterações necessárias para se alcançar os requisitos mínimos preconizados na NBR 15.575 (ABNT, 2013).

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo, prever o isolamento acústico das paredes de vedação de um dormitório de um projeto de edificação do tipo residencial de uso coletivo, do Programa Minha Casa Minha Vida. Um segundo objetivo deste trabalho foi avaliar o mesmo projeto utilizando quatro sistemas construtivos apresentados nas Diretrizes para Avaliações Técnicas (DATec's). Sendo que estes sistemas inovadores apresentam valores de atenuação em seus relatórios que são aceitáveis pela NBR 15.575 (ABNT, 2013), porém deve-se destacar que são avaliados isoladamente em laboratórios, sendo sabido que, ao serem aplicados em obras, irão fazer parte de sistemas heterogêneos, sendo uma incógnita o seu desempenho no contexto geral no projeto.

3. METODOLOGIA

A NBR 15.575 (ABNT, 2013) estabelece requisitos de desempenho para os sistemas de vedação vertical que são Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nt,w}$) para vedações internas e diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada ($D_{2m,nt,w}$) para vedações externas.

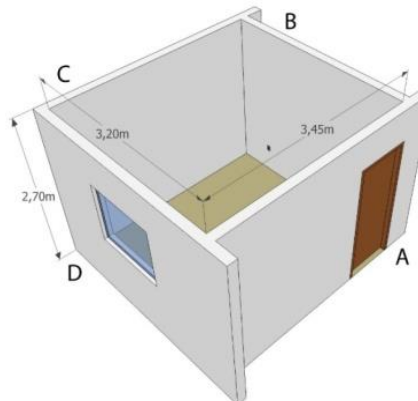
A NBR 15.575 (ABNT, 2013) por não ser prescritiva, foi utilizado o método de cálculo normatizado de previsão da norma ISO 12354-1 (EN, 2000). A norma apresenta dois métodos de cálculo, um chamado de completo que considera diferentes composições de materiais e realiza a análise do desempenho do sistema em diferentes bandas de frequência, e, o método simplificado que considera o índice de redução sonora ponderado dos elementos e seus elementos conectores, sendo indicado a metodologia simplificada de cálculo, por necessitar apenas dos dados de R_w (redução sonora ponderada) e massa específica (m) dos elementos construtivos devido à escassez de dados sobre os

materiais nacionais.

O objeto de estudo, trata-se de uma edificação do tipo residencial de uso coletivo do Programa Minha Casa Minha Vida, com um total de 32 unidades habitacionais o acústico, foram consideradas as quatro paredes de vedação vertical do dormitório, divididas em A, B, C e D, divididas em 4 blocos de 2 pavimentos. Os apartamentos são constituídos de sala, 2 quartos, banheiro, cozinha e área de serviço (Figura 1a), sendo 4 apartamentos por andar. Para realizar a avaliação do desempenho conforme esquema mostrado na Figura 1b.



[a]



[b]

FIGURA 1: Edificação objeto do estudo, sendo: [a] Planta tipo do estudo de caso; [b] Esquema para simulação do desempenho acústico.

FONTE: Autores (2014).

De modo geral, todas as vedações serão compostas por tijolos cerâmicos de 8 furos com dimensões de 9x19x19 cm, reboco em ambos os lados e pintura acrílica. Porém cada uma das paredes apresenta elementos distintos em sua composição, sendo que, um fator influenciador no desempenho acústico final do ambiente. A Tabela 1 ilustra um resumo da composição de cada uma das vedações.

TABELA 1: Resumo dos componentes das paredes de vedação.

Parede A (Parede interna localizada entre a sala e o dormitório)		
Componente 1	Componente 2	Componente 3
Alvenaria com bloco cerâmico de 8 furos 9x19x19 cm, rebocado dos dois lados	Porta de madeira Pinus	Estrutura de concreto
Dimensões (m): 2,5 x 3,45 x 0,14	Dimensões (m): 2,1 x 0,80 x 0,035	Dimensões (m): 0,2 x 3,45 x 0,2
Peso Específico: 1100 kg/m ³	Peso Específico: 350 kg/m ³	Peso Específico: 2500 kg/m ³
R _w : 38 (SINDUSCON-DF & ADEMI-DF, 2015)	R _w : 23 dB (SANTOS, 2012)	R _w : 59 dB
Parede B (parede interna localizada entre os 2 dormitórios)		
Componente 1	Componente 2	Componente 3
Alvenaria com bloco cerâmico de 8 furos 9x19x19cm, rebocado dos dois lados	-	Estrutura de concreto
Dimensões (m): 2,5 x 3,20 x 0,14	-	Dimensões (m): 0,2 x 3,2 x 0,2
Peso Específico: 1100 kg/m ³	-	Peso Específico: 2500 kg/m ³
R _w : 38 (SINDUSCON-DF & ADEMI-DF, 2015)	-	R _w : 59 dB
Parede C (parede cega externa voltada para o fundo da edificação)		
Componente 1	Componente 2	Componente 3
Alvenaria com bloco cerâmico de 8 furos 9x19x19 cm, rebocado dos dois lados	-	Estrutura de concreto
Dimensões (m): 2,5 x 3,45 x 0,14	-	Dimensões (m): 0,2 x 3,45 x 0,2
Peso Específico: 1100 kg/m ³	-	Peso Específico: 2500 kg/m ³
R _w : 38 (SINDUSCON-DF, 2015)	-	R _w : 59 dB
PARADE D (parede externa voltada para dentro do lote)		
Componente 1	Componente 2	Componente 3
Alvenaria com bloco cerâmico de 8 furos 9x19x19 cm, rebocado dos dois lados (Thomaz et. al., 2009)	Janela de vidro temperado 6 mm	Estrutura de concreto
Dimensões (m): 2,5 x 3,20 x 0,14	Dimensões (m): 1,00 x 1,20 x 0,006	Dimensões (m): 0,2 x 3,2 x 0,2
Peso Específico: 1100 kg/m ³	Peso Específico: 7500 kg/m ³	Peso Específico: 2500 kg/m ³
R _w : 38 (SINDUSCON-DF, 2015)	R _w : 29 dB (SANTOS, 2012)	R _w : 59 dB

FORNTE: Autoria própria.

Para alcançar os objetivos propostos anteriormente, a metodologia desta pesquisa está dividida em três etapas:

1. Levantamento dos dados e informações do projeto
2. Aplicação do método simplificado da norma ISO 12354-1 (EN, 2000).
3. Análise crítica dos resultados alcançados.

A primeira etapa da pesquisa foi realizada utilizando dados bibliográficos nacionais disponíveis, plantas técnicas e o memorial descritivo da edificação em análise. O objeto do estudo de caso foi um dormitório de um apartamento tipo em um edifício a ser construído

na cidade de Anápolis/GO próximo a área urbana central, sendo sua zona urbana classificada pela NBR 15.575 – Parte 1 (ABNT, 2013), como classe III (ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas).

A seguir foi descrito o procedimento de cálculo simplificado indicado na ISO 12354-1 (EN, 2000) para a previsão do isolamento acústico na etapa de projeto utilizado na segunda etapa da pesquisa.

3.1 CÁLCULO DE R'_w

Para o cálculo do índice de redução sonora ponderada (R'_w) da fachada e das vedações internas é calculado com base nos valores do índice

de redução sonora (R_{wi}) dos simples elementos que constituem a fachada (elementos opacos e esquadrias) e em casos específicos, calculado conjuntamente com os índices de isolamento acústico ($D_{n,ewi}$) dos pequenos elementos presentes sobre a mesma (elementos com área menor que 1 m² como por exemplo aberturas para ventilação, entrada de ar, caixas das persianas). O valor de R'_w pode ser calculado segundo a Equação 1 prevista na norma.

3.2 CÁLCULO DE $D_{nt,w}$

O índice de avaliação do desempenho

acústico de um elemento divisório entre dois ambientes é a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nt,w}$) e foi calculado de acordo com a Equação 2:

3.3 Cálculo do $D_{2m,nt,w}$

O índice de avaliação do desempenho acústico de fachada é baseado na diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada e da contribuição do formato da fachada (Figura 2) e pode ser calculado de acordo com a Equação 3:

$$R'_w = -10 \log \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_{tot}} 10^{\frac{-R_{wi}}{10}} + \frac{A_0}{S_{tot}} \sum_{i=1}^p 10^{\frac{-D_{n,e,i}}{10}} \right) - K \quad \text{Eq. [1]}$$

Em que:

R_{wi} é o Índice de Redução Sonora do elemento i que constitui a fachada [dB];

S_i é a superfície do elemento i de fachada vista do interior do ambiente [m²];

S_{tot} é a superfície global da fachada vista do interior do ambiente [m²];

A_0 são as unidades de absorção de referência, igual a 10 m²;

$D_{n,e,i}$ é o índice de avaliação do isolamento acústico normalizado do pequeno elemento i [dB];

K é a correção relativa à contribuição da transmissão lateral, em favor da segurança, nos casos que comportam a presença de elementos rígidos, pode-se considerar a transmissão lateral, de maneira “global”, diminuindo o isolamento sonoro de 2 dB. ($K = 2$ dB). Caso contrário $K = 0$.

$$D_{nt,w} = R'_w + 10 \log \left(\frac{0,16 \times V}{T_0 \times S_{tot}} \right) \quad \text{Eq. [2]}$$

Em que:

R'_w é o Índice de Redução Sonora aparente da fachada [dB];

V é o volume do ambiente considerado [m³];

T_0 é o tempo de reverberação de referência, assumido como sendo igual a 0,5 s ;

S_{tot} é a superfície de vedação vista do interior [m²].

$$D_{2m,nt,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \log \left(\frac{V}{6T_0 S_{tot}} \right) \quad \text{Eq. [3]}$$

Em que:

R'_w é o Índice de Redução Sonora aparente da fachada [dB];

T_0 é o tempo de reverberação de referência, assumido como sendo igual a 0,5 s ;

S_{tot} é a superfície de fachada vista do interior [m²];

ΔL_{fs} é o termo corretivo que quantifica a influência de eventuais elementos vedantes [dB], que de acordo com a Figura 2 e as características da fachada o valor corretivo pode ser desconsiderado;

V é o volume do ambiente considerado [m³].



Configuração da fachada					
Absorção do teto		Não se aplica	<0,3	0,6	≥0,9
Linha de visão sobre a fachada	< 1,5m	0	-1	-1	0
	1,5 a 2,5m	0	Não se aplica		
	>2,5m	0			

FIGURA 2: Contribuição do formato da fachada.

FONTE: Traduzida da ISO 12354-1 (EN, 2000).

Paralelamente, também foram levantados os índices de isolamento sonoro de quatro sistemas construtivos (Tabela 2) relativos aos painéis maciços (DATec nº 07), casas Express (DATec nº 09), *light steel* (DATec nº 14) e casas olé (DATec nº 21) publicados pelo Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT) do Programa Brasileiro De Qualidade e Produtividade No Habitat (PBQP-H). Posteriormente, foram comparados os quatro sistemas construtivos selecionados, adicionando-se outros elementos construtivos, ex.; uma porta para as paredes internas e uma janela para paredes externas, e comparando seus desempenhos se estes fossem concebidos como sistemas compostos

ou heterogêneos.

Por fim, foi feita a análise dos valores obtidos com base nos requisitos da norma NBR 15575 (ABNT, 2013). Uma vez comparados com os requisitos normativos, os sistemas avaliados eram classificados de acordo com o seu nível de desempenho. A Tabela 2 apresenta os critérios da diferença padronizada de nível ponderada $D_{nT,w}$ da NBR 15575 (ABNT,2013).

Para os critérios de avaliação acústica para vedações externas, a NBR 15575-4 (ABNT, 2013) determina os valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$ (Tabela 3).

TABELA 2: Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes ($D_{nT,w}$) para ensaio de campo.

Elemento	$D_{nT,w}$ [dB]	Nível de Desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso em que pelo menos um dos ambientes é dormitório	45 - 49	Mínimo
	50 – 55	Intermediário
	≥ 55	Superior
		Descrição textual

FONTE: Adaptado de NBR 15575 (ABNT,2013).

TABELA 3: Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa ($D_{2m,nT,w}$) para ensaios de campo. Classe de Ruído III.

Elemento	$D_{nT,w}$ [dB]	Nível de Desempenho
Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥ 30	Mínimo
	≥ 35	Intermediário
	≥ 40	Superior
		Descrição textual

FONTE: adaptado de NBR 15575 (ABNT, 2013).

A Tabela 4 mostra os valores europeus apresentados no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE). O intuito desta tabela é elucidar que em comparação ao Brasil, os índices de desempenho internacionais (neste caso, em Portugal) são bem superiores, sendo que, se os nossos sistemas construtivos praticados atualmente estiverem no valor mínimo da norma, provavelmente ainda não seriam aceitos fora do Brasil.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da aplicação das equações 1, 2 e 3, obtiveram-se os resultados dos níveis de isolamento sonoro dos componentes e das unidades de paredes de vedação do dormitório $D_{nt,w}$ e $D_{2m,nt,w}$ (Tabela 5), demonstrando a variação do índices de isolamento das vedações verticais devido às diferentes composições dos elementos que constituem as mesmas.

Os resultados de $D_{nt,w}$ calculados a partir do projeto quando comparados aos índices de

desempenho propostos pela NBR 15.575 (ABNT, 2013) demonstram que os mesmos não atendem a normativa, enquanto os resultados dos índices da fachada $D_{2m,nt,w}$ apresentam valores classificados como intermediário (parede externa cega) e mínimo (parede externa com abertura de janela). Porém se for comparado os resultados com os índices propostos pela RRAE (Portugal) nenhum índice seria aprovado, demonstrando uma discrepância entre as duas normativas.

Para que as vedações internas A e B apresentassem os requisitos mínimos normativos, seriam necessárias modificações nos componentes nos elementos construtivos, como por exemplo, elevando o peso específico dos elementos constituintes das paredes, conforme regi a Lei das massas. Neste ponto é interessante ressaltar que tais modificações trarão prejuízos na obra. O aumento do peso das vedações irá causar maiores custos devido ao aumento de carga sobre a estrutura como também perda de área útil de pavimento devido ao aumento das espessuras das alvenarias.

TABELA 4: Valores de cálculo e requisitos acústicos do RRAE.

REQUISITO	VALOR DE CÁLCULO
$D_{2m,nt,w}$ entre o exterior do edifício e quarto ou zonas de estar	41 dB
$D_{n,w}$ entre compartimentos de uma habitação e quartos ou zonas de estar de outra habitação	57 dB (parede geminada)
$D_{n,w}$ entre locais do edifício destinado a comercio e quartos ou zonas de estar	55 dB
$L'_{n,w}$ proveniente de uma percussão generalizada sobre pavimentos de outras habitações	59 dB

FORTE: PORTUGAL (2008).

TABELA 5: Níveis de isolamento sonoro obtidos por modelo matemático.

$D_{nt,w}$				$D_{2m,nt,w}$			
Parede A		Parede B		Parede C		Parede D	
$D_{nt,w}$	28 dB	$D_{nt,w}$	37 dB	$D_{2m,nt,w}$	37dB	$D_{2m,nt,w}$	34 dB
NBR 15575	Não atende	NBR 15575	Não atende	NBR 15575	Intermediário	NBR 15575	Mínimo
RRAE	Não atende	RRAE	Não atende	RRAE	Não atende	RRAE	Não atende

FORTE: Autoria própria.

Em relação à simulação dos sistemas construtivos inovadores avaliados pelos DATec's, o mesmo ambiente foi calculado quatro vezes utilizando os valores de índice de isolamento de cada elemento especificado em cada um dos relatórios, os resultados do desempenho acústico estão listados na Tabela 8.

Os dados que são apresentados nos relatórios referentes a cada um dos sistemas construtivos, notam-se que todos os sistemas de

vedação apresentaram desempenho acústico acima dos requisitos mínimos para $D_{2m,nt,w}$ quando analisados isoladamente. Os resultados do cálculo ilustram que tanto as paredes calculadas homogêneas ou heterogêneas, apresentaram valores que atendem os requisitos da norma, porém ao comparar com os índices da norma portuguesa RRAE, demonstram que apenas a parede homogênea do sistema de Casa Express apresentou um índice satisfatório.

TABELA 8 - Níveis de isolamento sonoro dos sistemas dos DATec's e verificação de atendimento pela NBR 15.575 e RRAE.

JETCASA nº 08							
$D_{nt,w}$				$D_{2m,nt,w}$			
Parede A		Parede B		Parede C		Parede D	
$D_{nt,w}$	28 dB	$D_{nt,w}$	39 dB	$D_{2m,nt,w}$	36dB	$D_{2m,nt,w}$	33 dB
NBR 15575	Não atende	NBR 15575	Não atende	NBR 15575	Intermediário	NBR 15575	Mínimo
RRAE	Não atende	RRAE	Não atende	RRAE	Não atende	RRAE	Não atende
Casa Express nº 09							
$D_{nt,w}$				$D_{2m,nt,w}$			
Parede A		Parede B		Parede C		Parede D	
$D_{nt,w}$	29 dB	$D_{nt,w}$	50 dB	$D_{2m,nt,w}$	49dB	$D_{2m,nt,w}$	36 dB
NBR 15575	Não atende	NBR 15575	Intermediário	NBR 15575	Superior	NBR 15575	Intermediário
RRAE	Não atende	RRAE	Não atende	RRAE	Atende	RRAE	Não atende
Light Steel nº14							
$D_{nt,w}$				$D_{2m,nt,w}$			
Parede A		Parede B		Parede C		Parede D	
$D_{nt,w}$	28 dB	$D_{nt,w}$	44 dB	$D_{2m,nt,w}$	44dB	$D_{2m,nt,w}$	36 dB
NBR 15575	Não atende	NBR 15575	Não atende	NBR 15575	Superior	NBR 15575	Intermediário
RRAE	Não atende	RRAE	Não atende	RRAE	Não atende	RRAE	Não atende
Casas Olé nº21							
$D_{nt,w}$				$D_{2m,nt,w}$			
Parede A		Parede B		Parede C		Parede D	
$D_{nt,w}$	28 dB	$D_{nt,w}$	45 dB	$D_{2m,nt,w}$	45 dB	$D_{2m,nt,w}$	36 dB
NBR 15575	Não atende	NBR 15575	Mínimo	NBR 15575	Superior	NBR 15575	Intermediário
RRAE	Não atende	RRAE	Não atende	RRAE	Não atende	RRAE	Não atende

FORTE: Autoria própria.

Em relação aos resultados de $D_{nt,w}$, os sistemas apresentaram desempenho acústico intermediário para o sistema construtivo da Casa Express e mínimo para a Casas Olé para as paredes homogêneas. Para a parede com o acréscimo de uma porta de madeira, com as mesmas características daquelas empregadas no modelo original (Costa, 2003), todos os sistemas de vedação interna apresentaram desempenho acústico abaixo do mínimo.

Comparando os dados especificados no projeto com os dados coletados junto aos Datec's, revelam uma necessidade muito grande de informações do desempenho dos materiais construtivos, mas em uma escala regional, mais próximo da realidade dos materiais que serão utilizados na construção do projeto. Os dados coletados na literatura apresentam uma dispersão na veracidade nas especificações dos materiais/elementos que irão compor o sistema construtivo. Utilizar um R_w de uma alvenaria cerâmica fabricada em São Paulo pode ter um índice de desempenho diferente de uma mesma alvenaria cerâmica fabricada no estado de Goiás devido ao processo produtivo.

5. CONCLUSÕES

A NBR 15.575 (ABNT, 2013) define as classes de desempenho acústico (Mínimo, Intermediário e Superior) e, apesar de a maioria dos índices de desempenho acústico mínimos serem baixos, estes índices são bem próximos se comparados às normas europeias (Araújo, 2008). A construção civil brasileira deparou-se com a necessidade de utilização de métodos de previsão de desempenho acústico dos sistemas construtivos com a entrada em vigor da NBR 15.575 (ABNT, 2013). Várias metodologias de cálculo consolidadas já são normatizadas e amplamente utilizadas em diferentes países, porém existe a necessidade de dados fornecidos pelos próprios fabricantes.

Nota-se uma iniciativa surgindo, que, ao longo do tempo, deverá ser cada vez mais exigente, havendo a necessidade de adaptação de todos os agentes da construção civil, principalmente dos arquitetos e projetistas, pois este assunto ainda é uma incógnita a ser desenvolvida culturalmente, já que a qualidade acústica nas edificações sempre foi negligenciada.

Os sistemas construtivos analisados neste trabalho apresentaram valores muito próximos com aqueles que atendem os índices requeridos dentro da normativa brasileira, utilizando os dados encontrados na literatura. Revelando que o modelo matemático é uma ferramenta confiável para ser utilizada para previsão de desempenho acústico na etapa de projeto, desde que haja um banco de dados confiáveis para alimentar os cálculos, pois dados laboratoriais podem estar longe da realidade da obra, uma vez que são realizados em ambientes controlados.

Entretanto, há ainda uma escassez de dados laboratoriais de materiais de construção brasileiros para embasar a previsão do comportamento em campo dos sistemas construtivos. São poucos os laboratórios nacionais capacitados para atestar o índice R_w de um produto, e poucos dados nacionais bibliográficos disponíveis, necessitando da criação de um fator de segurança conforme as incertezas encontradas na realidade brasileira.

É nítido que ainda existe uma grande carência de estudos que representem melhor a realidade do Brasil. A realização de medições de campo, considerando toda a composição dos elementos de vedação, o conhecimento dos índices de ruídos gerados no entorno das edificações, possibilitaria a criação de bancos de dados que auxiliem na avaliação e a proposição de sistemas construtivos heterogêneos nas edificações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO A. I. E. DE. **A Regulamentação Térmica E Acústica E Sua Aplicabilidade Em Edifícios A Reabilitar No Centro Histórico Do Porto** – Estudo De Caso. Dissertação de Mestrado. Faculdade De Engenharia Da Universidade Do Porto. Portugal, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 15575**: Desempenho de Edifícios Habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.
- COSTA, Ennio Cruz da. **Acústica Técnica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1 ed. 2003.
- DIRETRIZES PARA AVALIAÇÕES TÉCNICAS**. Disponível em: <http://pbqph.cidades.gov.br/projetos_sinat.php>. Acessado em 17 de novembro de 2014.
- DUARTE, E. de A. C; VIVEIROS, E. Desempenho acústico na arquitetura residencial brasileira: parede de vedação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, pp 159-171. 2007.
- EGAN, M. D. **Architectural Acoustics**. New York: McGrawHill, 2ed. 1988.
- EN ISO 12354 – 1 (2000): Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 1: Airborne sound insulation between rooms, British Standard. 2000.
- ISO 140-3**: 1995 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation between rooms. 1995.
- NETO, N. A. S. **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria estrutural de bloco cerâmicos**. Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- NETO, Maria de Fatima Ferreira. **Nível de Conforto Acústico: uma proposta para edifícios residenciais**. 2009. 257 f. Doutorado em Engenharia Civil – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- NETO, Maria de Fatima F.; BERTOLI, Stelamaris Rolla; BARRY, Peter J. Diferença Entre Testes de Desempenho Acústico em Laboratório e Campo em Paredes de Alvenaria. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 23., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: SOBRAC, 2010.
- NIGHTINGALE, T. R. T.; QUIRT J. D. Effect of electrical outlet boxes on sound insulation of a cavity wall. **J. Acoust. Soc. Am.**, Vol. 104, n. 01, 1998, 266-274 p.
- PORTUGAL. Presidência da República. **Decreto do Presidente da República n.º 34/2008**. Diário da República, 1.a Série – N.º 110 – 09 de junho de 2008.
- SANTOS, J. L. P. **Isolamento Sonoro de Partições Arquitetônicas**. Santa Maria: Editora UFSM, 2013.
- Sinduscon-DF. **Avaliação do desempenho acústico de edificações em diferentes sistemas construtivos, conforme a Norma de Desempenho ABNT NBR 15.575/2013**. Disponível em: <<http://www.sinduscondf.org.br/portal/userfiles/file/Av%20aliacao%20do%20desempenho%20acustico%20de%20edificacoes.pdf>>. Acessado em 20 de julho de 2016.
- THOMAZ, E.; FILHO, C. V. M.; CLETO F. R.; CARDOSO F. F. Alvenaria De Vedação Em Blocos Cerâmicos -**Código De Práticas Nº 1**. São Paulo: IPT, 2009.
- URIS, A.; BRAVO, J. M.; LLINARES, J.; ESTELLES, H. Influence of plastic electrical outlet boxes on sound insulation of gypsum board walls. **Building and Environment**, V. 42, nº. 2, 2007, 722-729 p.
- ZANNIN, P. H. T.; FERREIRA, J. A. C. In Situ Acoustic Performance of Materials Used in Brazilian Building Construction. **Construction and Building Materials**, Oxford, v. 21, n. 8, p. 1820-1824, 2007.