



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DO DESEMPENHO ACÚSTICO DAS VEDAÇÕES VERTICais EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO¹

ANDRADE, Fabia Kamilly Gomes (1); CORDEIRO, Matheus Souza (2); LORDSLEEM JR., Alberto Casado (3)

(1) POLI/UPE, e-mail: fabiakamilly@hotmail.com; (2) POLI/UPE, e-mail: matheuscordeiro22@hotmail.com; (3) POLI/UPE, e-mail: acasado@poli.br

RESUMO

Este artigo objetiva avaliar as vedações verticais de salas de aula de instituição educacional em relação ao desempenho acústico, cuja metodologia contempla a coleta de dados em 26 salas de aula de 3 edifícios, conforme as especificações das normas ISO 16283-1 (ISO, 2014) e ISO 717-1 (ISO, 2013). A compilação dos dados foi realizada através do software dBBAti e os resultados foram analisados comparativamente às referências internacionais (decreto-lei 96/2008 de Portugal, BB93 do Reino Unido, ANSI 12.60 dos EUA, AS/NZ 2107), bem como analisados em relação à geometria do ambiente e as esquadrias. Os resultados totalizaram 46 medições, sendo 17 para vedação interna e 29 para externa, cujos valores obtidos variaram de 41 até 49 dB e 22 até 34 dB, respectivamente. Pôde-se notar que 59% das vedações internas e 76% das externas possuem valores abaixo do desempenho mínimo exigido; além da influência direta das esquadrias no desempenho, considerando suas dimensões e abertura. Estes resultados indicam que parcela expressiva das vedações de sala de aula de uma instituição educacional não apresenta desempenho acústico satisfatório, o que pode comprometer a inteligibilidade da fala e o processo de aprendizagem dos alunos.

Palavras-chave: Desempenho acústico. Vedações verticais. Salas de aula.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the wall partitions of classrooms of an education institution as to acoustic performance, whose methodology includes data collection in 26 classrooms in three buildings, according to the specifications of standard ISO 16283-1 (ISO, 2014) and ISO 717-1 (ISO, 2013). The compilation of the data was performed using the dBBAti software and the results were analyzed comparatively to international references (from Portugal, BB93 UK, ANSI 12.60 US, AS / NZ 2107); and analyzed in relation to the geometry of the environment and frames. The results amounted to 46 measurements, 17 for internal walls and 29 for external walls, which obtained values ranged from 41 to 49 dB and 22 to 34 dB, respectively. It might, therefore, to note that 59% of internal walls and 76% of foreign have values below the minimum required performance; beyond the direct influence of frames in performance, considering its size and openness. These results indicate that a significant portion of the classroom wall partitions of education institution has not acoustic performance suitable, which may compromise the intelligibility of speech and the process of learning students.

Keywords: Acoustic performance. Walls partitions. Classrooms.

¹ ANDRADE, Fábia Kamilly Gomes; CORDEIRO, Matheus Souza; LORDSLEEM JR., Alberto Casado. Análise do desempenho acústico das vedações verticais em instituição de ensino. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Os resultados de uma abordagem míope estão presentes nas construções, dentre às quais é possível destacar o ruído e o seu poder de interferir no meio ambiente e na saúde e qualidade de vida da população (AZKORRA, 2014; SURIANO; SOUZA; SILVA, 2015).

Rabelo et al. (2015) afirmam que o ruído pode interferir em atividades escolares exercidas pelo aluno, sobretudo no rendimento escolar e na compreensão do conteúdo abordado. Além disso, destacam a ocorrência de reclamações dos docentes em relação à elevação da voz para compensar o ruído interno e externo (corredores), causando irritabilidade, cansaço, dificuldades de concentração, dores de cabeça e zumbidos.

Dentro deste contexto, este trabalho contempla a avaliação experimental realizada em 26 salas de aula de 3 edifícios de universidade do nordeste brasileiro, cujo objetivo é analisar o desempenho acústico das vedações verticais externas e internas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Fundamentos da acústica das construções

As condições acústicas mínimas de instituições de ensino consideram, sobretudo, a reverberação e o ruído de fundo existentes, tendo em vista que o excesso destes dificultam a comunicação entre professor e alunos, afetando todo o processo de aprendizagem (MENEZES, 2010).

A norma NBR 11957 (ABNT, 1988) define o tempo de reverberação (TR) como “o tempo necessário para que o nível de pressão sonora caia de 60 dB depois que a fonte cessou”.

Este tempo é o maior responsável pela boa ou má acústica de um ambiente, pois quanto mais elevados em relação ao tempo ótimo, maiores os prejuízos na compreensão da fala ou inteligibilidade da fala. A inteligibilidade de fala é a capacidade de reconhecimento pelo ouvinte do sinal acústico emitido pelo orador (FAURO et al., 2011; RABELO et al., 2014).

O ruído de fundo, segundo a norma NBR 10151 (ABNT, 2000), é o nível de pressão sonora na ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão. Este nível de pressão sonora é a média temporal das pressões sonoras medidas em resposta rápida (5s) durante o intervalo de medição.

2.2 O desempenho acústico das vedações verticais

Loordsleem Jr. (2012) afirma que as vedações verticais determinam grande parte do desempenho do edifício como um todo, controlando a ação de agentes indesejáveis, entre eles: o ruído aéreo.

Para avaliar estas vedações quanto ao desempenho acústico em campo, a norma ISO 717-1 (ISO, 2013) apresenta como parâmetros acústicos a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nt,w}$) e a Diferença

Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada ($D_{2m,nT,w}$) respectivamente, para vedações internas e externas.

Estes parâmetros de medição do desempenho dependem dos níveis de pressão sonora nos ambientes de recepção e emissão, do ruído de fundo e do tempo de reverberação (PENEDO; OITICICA, 2015).

Em se tratando de edificações habitacionais, a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece critérios de avaliação destes parâmetros. No entanto, nos demais tipos de construções, dentre elas as instituições de ensino, não há normalização brasileira, sendo necessária a busca por referências internacionais.

A constituição e montagem das vedações determinam, em grande parte, os níveis de desempenho acústico no ambiente construído (OLIVEIRA; MITIDIERI FILHO, 2012; RIBAS et al., 2013).

Em relação as esquadrias, a utilização apenas de vidros mais espessos, não constitui isoladamente uma contribuição tão significativa em função do comportamento do conjunto dos componentes: persiana, sistema de vedação na caixa e mecanismo de fechamento das folhas (SCHVARSTZHAUPT; TUTIKIAN; NUNES, 2014).

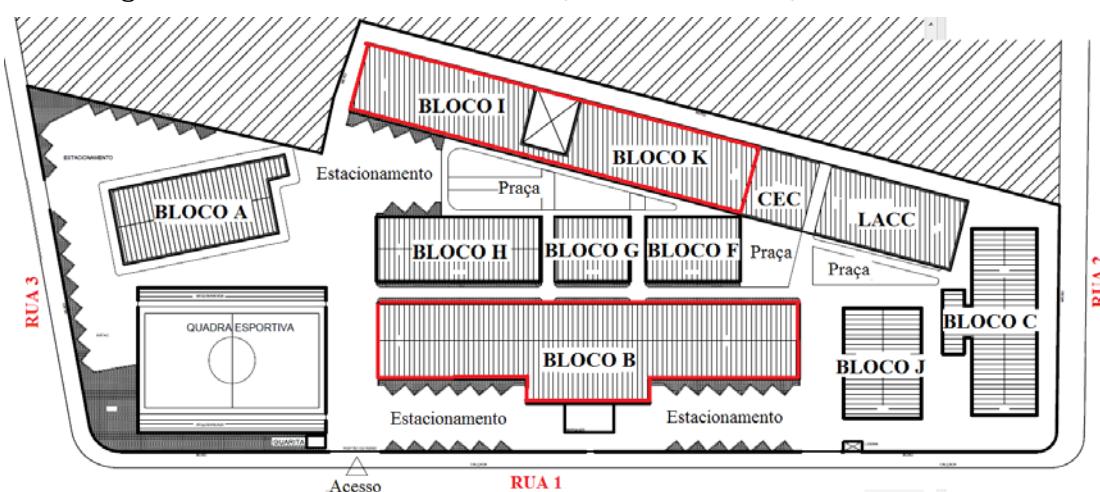
Outra variável importante é a forma do ambiente, que inclui um sentido de volume, possuindo propriedades como o formato, o tamanho e a textura que interferem na acústica (CHING, 2002).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Objeto de pesquisa e caracterização

O presente estudo trata-se de uma pesquisa experimental, realizada em 1 instituição de ensino localizada na Região Metropolitana do Recife (RMR) a aproximadamente 2 km do centro da cidade, conforme apresenta a Figura 1.

Figura 1 - Planta baixa da instituição e identificação dos edifícios



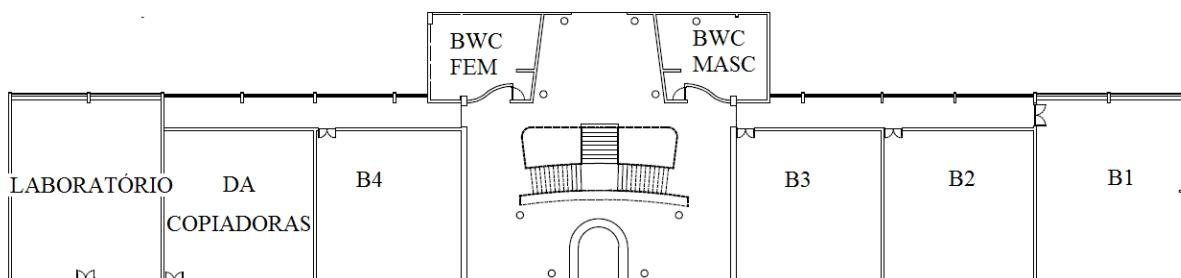
Fonte: Os autores

A escolha desta instituição considerou a acessibilidade do local, tendo em vista a proximidade com o centro da cidade, bem como o interesse da diretoria que autorizou a realização dos ensaios.

Foram selecionados os blocos B, I e K, pois possuem elevada frequência de utilização - usados tanto para aulas dos cursos de graduação, como também, para as atividades da pós-graduação (*lato e stricto sensu*) e cursos de idioma de língua estrangeira.

O bloco B possui 2 pavimentos com altura de forro 3,65 m, sendo 1 térreo e 1 superior, com salas de aula, setor administrativo, as copiadoras e o diretório acadêmico (DA). A planta baixa do pavimento térreo é apresentada na Figura 2.

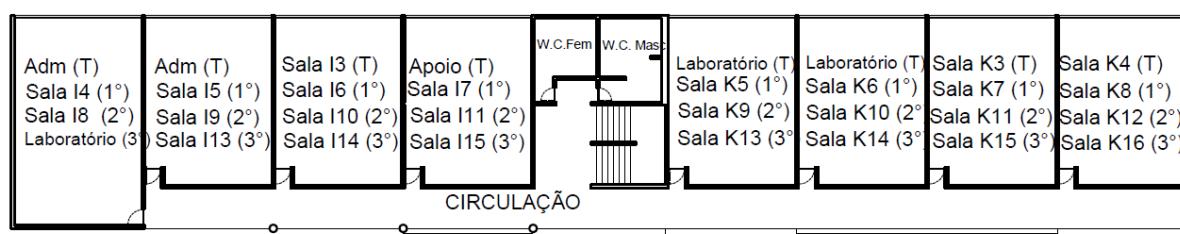
Figura 2 - Planta baixa do pavimento térreo do bloco B



Fonte: Os autores

Os blocos I e K são blocos interligados com altura de forro 2,5 m e possuem 4 pavimentos, sendo 1 térreo e 3 superiores, de igual padrão construtivo e de mesma disposição arquitetônica. Cada bloco dispõe de uma circulação principal que dá acesso às salas de aula, indicadas na Figura 3.

Figura 3 - Disposição das salas nos blocos I e K



Fonte: Os autores

As salas analisadas dos 3 blocos totalizaram 26 unidades e são em alvenaria tradicional, tijolos de 8 furos assentados com argamassa. As paredes são todas revestidas com argamassa e pintura, mas as salas dos blocos I e K possuem revestimento cerâmico até 1,20 m.

Vale ressaltar que não foram considerados laboratórios, o que restringiu os ensaios apenas as salas de aula.

As características das esquadrias por bloco e sala monitorada se encontram na Tabela 2.

Tabela 1 - Caracterização das esquadrias dos blocos

Bloco	Sala	Dimensão das esquadrias
B	B1	2 janelas fixas (2,90 m x 1,55 m) 1 porta de madeira com 2 folhas (2,25 m x 1,17 m)
	B2, B3 e B4	2 janelas fixas (2,90 m x 1,55 m) 1 porta de madeira com 2 folhas (2,25 m x 0,98 m)
I e K	K3 até K16	1 janela de correr com 6 folhas (6,60 m x 1,60 m)
	I8 até I15,	8 janelas maxim-ar (0,4 m x 0,4 m)
	I3	1 porta de madeira com 1 folha (2,10 m x 0,90 m)

Fonte: Os autores

3.2 Caracterização dos ensaios

3.2.1 O equipamento de medição

O equipamento de medição utilizado nas coletas de campo foi disponibilizado pelo laboratório da instituição de ensino, apresentado na Figura 4, que dispõe das seguintes partes integrantes, conforme a Tabela 3.

Figura 4 - Instrumento de medição e equipamentos



Fonte: Os autores

Tabela 2 - Equipamento de medição

Parte integrante	Função
Medidor de nível de pressão sonora	Coletar os ruídos de emissão, recepção e o tempo de reverberação em campo para posterior análise e compilação no software dBBAti.
O calibrador acústico	Verificar a calibração do medidor, conforme as especificações do fabricante.
A fonte emissora de ruído	Formada por: 1 amplificador de potência; 1 haste elevatória; 1 fonte sonora dodecaédrica; 1 Controle remoto.
Software dBBAti	Software responsável pela compilação dos dados de campo e geração dos resultados.

Fonte: Os autores

3.2.2 Procedimento de ensaio

Os ensaios foram realizados conforme os procedimentos das normas ISO 16283-1 (ISO, 2014) e ISO 717-1 (ISO, 2013) no período da tarde - entre 12h e 16h - à exceção do bloco B, que foi realizado entre 18h e 21h. A escolha dos horários considerou a disponibilidade das salas.

A norma ISO 16283-1 (ISO, 2014) recomenda as disposições do medidor durante o ensaio, bem como o número de medições efetuadas, devendo-se manter as distâncias mínimas de 0,5 m de qualquer superfície, 0,7 m entre leituras não alinhadas e 1 m da fonte emissora.

Em relação ao número de medições por ensaio, foram efetuadas 1 medição do ruído de emissão, 4 do ruído de recepção e do ruído de fundo; além de 2 tempos de reverberação para os ensaios nas vedações internas. Já para as vedações externas, apenas as medições do ruído de recepção e de fundo foram alteradas, que totalizaram 3 medições por ensaio.

O software dB-Bati exige uma diferença mínima de 6 dB entre o ruído de fundo e o ruído de recepção, conforme especificações da norma mencionada. Caso contrário, não será possível compilar os dados e gerar os resultados.

3.3 Análise dos resultados

Os resultados foram comparados com os critérios estabelecidos em referências internacionais, entre as quais: o decreto-lei 96/2008 do Regulamento de Requisitos Acústicos em Edifícios (RRAE) de Portugal; o guia de referência para design de escolas do Reino Unido – Building Bulletin 93 (BB93) publicado em 2003; a norma americana para arquitetura escolar, ANSI S12.60 (2009); a norma neozelandesa, AS/NZ 2107 (2000).

A Tabela 4 apresenta um resumo dos citados critérios.

Tabela 3 - Critérios segundo as referências internacionais

Indicador	Portugal	Reino Unido	EUA	Nova Zelândia
D _{nt,w}	45 dB	45 dB	48 dB	48 dB
D _{2m,nt,w}	30 dB	45 dB	43 dB	-

Fonte: Adaptado de Menezes (2010)

Os resultados também foram analisados em relação às seguintes variáveis acústicas: geometria do ambiente e esquadrias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 5 apresenta o resumo dos resultados de desempenho acústico das vedações internas e externas, considerando o valor mínimo, máximo, a média e a mediana referentes ao total de ensaio realizados nos 3 edifícios.

Tabela 5 – Resumo da $D_{nt,w}$ e $D_{2m,nt,w}$ de vedações internas e externas dos 3 edifícios

Vedaçāo	Parāmetro	Valor mímico (dB)	Valor máximo (dB)	Média (dB)	Mediana (dB)
Vedaçāo interna	$D_{nt,w}$	41	49	44,7	44
Vedaçāo externa	$D_{2m,nt,w}$	22	34	27,2	27

Fonte: Os autores

Na Tabela 6, observa-se as salas de emissão e recepção, bem como os 4 resultados obtidos de desempenho acústico nas vedações internas, a partir das 4 medições de recepção efetuadas por ensaio. Para estes resultados foram identificados o valor mínimo, máximo, a média e a mediana.

Tabela 6 - $D_{nt,w}$ para as vedações internas dos 3 edifícios

Salas		Valores em dB							
Emissāo	Recepção	1	2	3	4	Mínimo	Máximo	Médio	Mediana
B1	B2	48	49	48	49	48	49	48,5	48,5
B2	B3	47	*	48	48	47	48	47,7	48
I9	I10	45	47	48	45	45	48	46,3	46
I10	I11	45	46	47	46	45	47	46	46
I11	I12	45	45	45	48	45	48	45,8	45
I14	I15	46	47	46	47	46	47	46,5	46,5
I15	I16	48	47	47	47	47	48	47,3	47
K4	K5	44	45	45	45	44	45	44,8	45
K5	K6	42	43	41	43	41	43	42,3	42,5
K6	K7	*	44	44	43	43	44	43,7	44
K7	K8	44	44	44	43	43	44	43,8	44
K9	K10	44	44	44	44	44	44	44	44
K10	K11	43	43	43	44	43	44	43,3	43
K11	K12	41	41	41	43	41	43	41,5	41
K13	K13	43	43	43	41	41	43	42,5	43
K14	K15	43	44	43	43	43	44	43,3	43
K15	K16	44	43	44	44	43	44	43,8	44

Fonte: Os autores

O valor 2, correspondente à parede entre as salas B2 e B3, possui um asterisco, que significa que o software não conseguiu compilar e gerar o resultado. Isso se deve a diferença entre os ruídos de fundo e de recepção ser menor que 6 dB.

Tendo em vista que o valor mínimo exigido é de 45 dB pelo decreto-lei 96/2008 de Portugal e pelo BB93 (2003), conclui-se que aproximadamente 59% das vedações internas não estão em conformidade com o desempenho acústico mínimo exigido. Em contrapartida, se as referências forem a ANSI S12.60 (2009) e AS/NZ 2107 (2000), este percentual tende a aumentar, já que a exigência mínima para o desempenho acústico passa a ser de 48 dB. Portanto, para estas normas, o percentual de não conformidade é de 94%.

Na Tabela 7, observa-se as salas de emissão e recepção, sendo a sala de emissão o ambiente externo, bem como os 3 resultados obtidos de

desempenho acústico nas vedações externas, a partir das 3 leituras de recepção efetuadas por ensaio. Para estes resultados foram identificados o valor mínimo, máximo, a média e a mediana por ensaio, totalizando 29 ensaios.

Tabela 7 - $D_{2m,nt,w}$ para as vedações externas dos 3 edifícios

Salas		Valores em dB						
Emissão	Recepção	1	2	3	Mínimo	Máximo	Médio	Mediana
Fachada frontal	B1	33	34	34	33	34	33,7	34
	B2	30	32	32	30	32	31,3	32
	B3	31	31	32	31	32	31,3	31
	B4	30	31	32	30	32	31	31
Fachada posterior	B1	26	26	25	25	26	25,7	26
	B2	28	28	28	28	28	28	28
	B3	28	28	28	28	28	28	28
	B4	22	22	22	22	22	22	22
Fachada frontal	I3	26	29	29	26	29	28	29
	I9	30	27	29	27	30	28,7	29
	I10	33	32	31	31	33	32	32
	I11	31	31	32	31	32	31,3	31
	I13	28	29	29	28	29	28,7	29
	I14	28	30	30	28	30	29,3	30
	I15	32	32	32	32	32	32	32
	K3	26	26	26	26	26	26	26
	K4	25	27	27	25	27	26,3	2
	K5	25	26	26	25	26	25,7	26
	K6	24	24	24	24	24	24	24
	K7	26	26	26	26	26	26	26
	K8	25	26	25	25	26	25,3	25
	K9	25	24	25	24	25	24,7	25
	K10	24	24	24	24	24	24	24
	K11	24	24	23	24	24	24	24
	K12	23	23	23	23	23	23	23
	K13	26	26	26	26	26	26	26
	K14	27	27	26	26	27	26,7	27
	K15	23	23	23	23	23	23	23
	K16	23	23	23	23	23	23	23

Fonte: Os autores

Tendo em vista que o valor mínimo exigido é de 30 dB pelo decreto-lei 96/2008 de Portugal, conclui-se que aproximadamente 76% das vedações externas não estão em conformidade com o desempenho acústico mínimo exigido.

Em contrapartida, se as referências forem o BB93 (2003) e ANSI S12.60 (2009), cujas exigências são de 45 dB e 43 dB, respectivamente, 100% das vedações estariam em desacordo.

É importante ressaltar que o ambiente externo corresponde à área de circulação de acesso às salas (coberto), conforme apresenta a Figura 5.

Figura 5 – Circulação de acesso às salas



Fonte: Os autores

Analizando os desempenhos por edifício, nota-se que as salas do bloco B apresentaram resultados superiores quando comparados aos demais blocos, para as vedações internas e externas.

Pode-se justificar este fato, analisando as variáveis acústicas relacionadas ao volume do ambiente, a área total e a contribuição percentual das esquadrias na área das salas. A Tabela 8 apresenta as informações correspondentes a tais variáveis para os 3 edifícios.

Nota-se, portanto, que as salas do bloco B são maiores, aumentando o tempo ótimo de reverberação, que contribui para a inteligibilidade da fala; além da menor contribuição percentual das esquadrias na área total, implicando em maior isolamento, tendo em vista que as esquadrias constituem em pontos fracos.

Além disso, é relevante destacar que as janelas deste bloco são fixas; enquanto as janelas dos blocos I e K são de correr, apresentando vedação comprometida entre as folhas.

Tabela 8 – Circulação de acesso às salas

Variáveis acústicas	Bloco I/K	Bloco B		
		B1	B2	B3/B4
Volume (m ³)	151,5	340,7	276,4	268
Área total (m ²)	200,5	322,5	274,1	267,8
Área das esquadrias (m ²)	13,7	11,7	11,2	11,2
Contribuição esquadrias (%)	6,8	3,6	4,1	4,2

Fonte: Os autores

Em se tratando dos blocos I e K, percebe-se também que mesmo estando interligados e com características semelhantes, os desempenhos são distintos. Pode-se justificar este fato a proximidade do bloco K às áreas de

concentração dos alunos; além da proximidade com os demais blocos. O bloco I é afastado dos demais quando comparado ao bloco K.

Após a análise por edifício, é possível concluir que em geral os resultados para as vedações internas e externas são baixos em relação às exigências mínimas internacionais para o desempenho acústico, com exceção do bloco B. Percebe-se que nos blocos I e K, os valores variaram em função da localização e exposição ao ruído ambiental.

A alternância dos resultados entre os 3 edifícios pode ter influência de alguns fatores, como por exemplo:

- janelas apresentavam vários defeitos, desde o não fechamento com travamento, como também trincas no vidro;
- as portas não apresentavam vedação adequada com a ocorrência de pontos fracos na folha;
- a proximidade com lugares ruidosos ou de concentração de pessoas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou um estudo de campo das vedações verticais (internas e externas) de uma instituição de ensino, da qual foi possível constatar que parcela expressiva das vedações se encontram em não conformidade com as referências internacionais – decreto-lei 96/2008 de Portugal, BB93 (2003), ANSI S12.60 (2009) e AS/NZ 2107 (2000) – para salas de aula de instituição de ensino.

Verificou-se que das 17 vedações internas ensaiadas, 59% estão em desacordo com o decreto-lei 96/2008 de Portugal e com o BB93 (2003) – menos exigentes – e 94% em desacordo com a ANSI S12.60 (2009) e AS/NZ 2107 (2000). Já em relação as 29 vedações externas (fachadas) ensaiadas, foi possível verificar que 76% não estão de acordo com o decreto-lei 96/2008 de Portugal – menos exigente – e 100% destas não atendem a ANSI S12.60 (2009) e BB93 (2003).

É importante destacar que a ausência de norma brasileira que regulamente os desempenhos acústicos mínimos para unidades não habitacionais favorece as construções sem planejamento e projetos nesta área.

Verifica-se a influência direta das esquadrias nos desempenhos acústicos obtidos, sobretudo, em relação as suas dimensões e a tipologia da abertura; bem como a geometria do ambiente, favorecendo ou não as reverberações, que comprometem a inteligibilidade da fala.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11957**: Reverberação - análise do tempo de reverberação em auditórios - método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI S12.60**: Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools. Acoustical Society of America, 2009.

Australian STANDARD/New Zealand. **AS/NZ 2107**: Acoustics – Recommended Design Sound Levels and Reverberation Times for Building Interiors, 2000.

AZKORRA, Z.; PÉREZ, G.; COMA, J.; CABEZA, L.F.; BURES, S.; ÁLVARO, J.E.; ERKOREKA, A.; URRESTARAZU, M. Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. **Applied Acoustics** – Elsevier, v. 89, p.46-56, set. 2014.

CHING, F. D. K. **Arquitetura**: forma, espaço e ordem. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

Department for Education and Skills. **Building Bulletin 93** – Guidelines for Environmental Design in Schools. Londres, 2003.

FAURO, D.; ROCHA, B. da; PEREIRA, C. O. A influência da forma no desempenho acústico dos ambientes. In: XV SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2011, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UNINFRA, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16283-1**: Acoustics -- Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 1: Airborne sound insulation. Switzerland: ISO, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 717-1**: Acoustics -- Rating of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 1: Airborne sound insulation. Switzerland: ISO, 2013.

LORDSLEEM JR., A. C. **Alvenaria de vedação com blocos de concreto**: melhores práticas. São Paulo: ABCP, 2012.

MENEZES, M.I.A.A.S. **Caracterização acústica interior de edifícios escolares reabilitados**. 2010. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.

OLIVEIRA, L. A.; MITIDIERI FILHO, C. V. O projeto de edifícios habitacionais considerando a norma brasileira de desempenho: análise aplicada para as vedações verticais. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 7, n. 1, p.90-100, maio 2012.

PENEDO, R. C. T.; OITICICA, M. L. G. R. Isolamento sonoro aéreo de partições verticais de um apartamento em Maceió-AL-Brasil. **Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 2, p.7-14, jul/dez. 2015.

PORUTGAL. Decreto Lei nº 96, de 9 de Junho de 2008. Regulamento de Requisitos Acústicos em Edifícios (RRAE).

RABELO, A. T. V.; SANTOS, J. N.; OLIVEIRA, R. C.; MAGALHÃES, M. C. Efeito das características acústicas de salas de aula na inteligibilidade de fala de estudantes. **CoDAS**, v. 26, n. 5, p.360-366, dez. 2014.

RABELO, A. T. V.; GUIMARÃES, A .C. F.; OLIVEIRA, R. C.; FRAGOSO, L. B.; SANTOS, J. N. Avaliação e percepção docente sobre os efeitos do nível de pressão sonora na sala de aula. **Distúrbios Comum**, São Paulo, v. 27, n. 4, p.714-724, dez. 2015.

RIBAS, R. A. J.; SOUZA, H. A.; ADRIANO, J. J.; PEREIRA, D. J. R. Desempenho térmico e acústico de painéis de fechamento em multicamadas. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 6, n. 2, p.1-10, Fev. 2013.

SCHVARSTZHAUPT, C. C.; TUTIKIAN, B. F.; NUNES, M. F. O. Análise comparativa do desempenho acústico de sistemas de fachada em esquadrias de PVC com persianas e diferentes tipos de vidros em ensaios de laboratório. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p.135-145, out/dez. 2014.

SURIANO, M. T.; SOUZA, L. C. L.; SILVA, A. N. R. Ferramenta de apoio à decisão para controle da poluição sonora urbana. **Ciência Saúde Coletiva**, v. 20, n. 7, p.2201-2210, 2015.