

DESEMPENHO ACÚSTICO DE PAREDES DE BLOCO/TIJOLO CERÂMICO: UMA COMPARAÇÃO ENTRE BRASIL E PORTUGAL

Maria de Fátima Ferreira Neto (1); Stelamaris Rolla Bertoli (2)

(1) Física, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, neto.fis@hotmail.com

(2) Professora Doutora do Departamento de Construção Civil, rolla@fec.unicamp.br
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
Av. Albert Einstein, 951, Campinas-SP. Brasil. CEP13083-852

RESUMO

Questionamentos como: *Paredes compostas por elementos construtivos similares terão desempenho acústico com valores aproximados? O desempenho acústico dessas paredes apresentará sensações diferentes de conforto acústico?* contribuíram para o início dessa pesquisa que estuda o desempenho e conforto acústicos de ambientes compostos por blocos/tijolos cerâmicos, no Brasil e em Portugal. O tijolo português apresenta 11,0 cm de espessura e o bloco brasileiro, 11,5 cm de espessura. A avaliação do comportamento acústico desses elementos consistiu de testes em laboratório e em campo. Os critérios de desempenho utilizados para a avaliação do desempenho acústico foram a norma NBR 15575, do Brasil e o Decreto-Lei 96/2008, de Portugal. A avaliação do conforto acústico consistiu na análise da participação de um júri, que indicou a percepção de sentenças emitidas por voz feminina e masculina, em simulação de convivência entre vizinhos adjacentes. Os resultados do desempenho acústico dessas paredes estão aquém do recomendado pelos critérios locais para o uso como parede de geminação. A avaliação dos resultados com o júri corroborou com essa conclusão. A indústria da construção civil ainda não está pronta para atender aos critérios.

Palavras-chave: desempenho acústico, isolamento acústico, isolação, conforto acústico.

ABSTRACT

Some questions about the relationship between acoustical performance and the acoustic comfort perceived contributed to the beginning of this research that studies the performance and acoustic comfort in buildings with walls bricks, in Brazil and Portugal. In Portugal the brick has 11.0 cm thick and in Brazil, the brick has 11.5 cm thick. The evaluation of the acoustic performance of those elements consisted of tests in laboratory and field. The performance criteria used to evaluate the acoustic performance was the Brazilian standard NBR 15575 and the Portuguese Law 96/2008. The evaluation of acoustic comfort was the analysis of the participation of the jury, which indicated the perception of sentences produced by male and female voice, in simulation of coexistence between adjacent neighbors. The results of the acoustic performance of these walls are below the criteria recommended by locals. The results corroborated with the jury to that conclusion. The buildings are not yet ready to attend the criteria.

Keywords: acoustical performance, sound insulation, acoustical comfort.

1. INTRODUÇÃO

Blocos ou tijolos cerâmicos são comumente utilizados em edificações tanto no Brasil quanto em Portugal. Cada um dos países define os seus padrões próprios em dimensão, massa, resistência, por meio de suas normas, regulamentos e especificações próprias. Devido às diferenças nas definições de bloco e tijolo entre os dois países, neste trabalho, o uso da palavra “bloco” será referente ao Brasil e “tijolo”, referente à Portugal.

Em Portugal, é muito antigo o uso do tijolo cerâmico, como material na construção, juntamente com a pedra e a madeira. O uso do tijolo cerâmico industrializado, com furação horizontal, em construção vem desde o séc. XIX. Em 1964, o instituto Português da Qualidade, IPQ, apresenta a norma portuguesa NP 80, onde define as características e ensaios de tijolos para alvenaria (SERRA e SOUZA et. al., 2000). No Brasil, o uso do tijolo cerâmico, também é bastante comum e antigo. Em 1940, a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, aprovou normas especificando a produção do tijolo de barro cozido maciço com comprimento de 22,0 cm, largura de 11,0 cm e altura de 5,5 cm. Posteriormente, surgiu o tijolo furado de 20,0 x 20,0 cm. O bloco de concreto de 20,0 x 40,0 cm veio logo na seqüência (TAUIL et. al., 1990).

Independentemente do tipo de tijolo ou bloco utilizado na construção de edifícios residenciais, os seus usuários desejam encontrar conforto dentro de suas moradias. O conforto acústico é um dos almejados. Segundo Barry (2008), um recinto de uma edificação deve proporcionar ao usuário conforto e privacidade acústica condizentes à finalidade desse ambiente, sobretudo quando se destina ao repouso ou trabalho intelectual. Entre os itens que causam maior desconforto acústico aos moradores aparecem a conversação de vizinhos, impacto no piso, causado por caminhamento, queda de objetos, etc, cães latindo e crianças brincando. Grimwood (1997) mencionou em seu trabalho que seus entrevistados, moradores de edifícios residenciais, sentem-se prejudicados com o baixo desempenho das paredes em relação ao ruído aéreo, e também com o baixo desempenho do piso, em relação ao impacto. A vida social passa a ser afetada, pois as pessoas deixam de receber ou fazer visitas, para evitar que o ruído produzido incomode os vizinhos, ou prejudique o próprio ambiente. Em 1988, Utley e Buller afirmaram em trabalho publicado no *Journal of Sound and Vibration*, que o ruído da vizinhança (vizinhos, crianças e animais) é a fonte de ruído que causa mais desconforto, perdendo apenas para o ruído do tráfego rodoviário. O desconforto causado por ruídos provenientes da vizinhança é um assunto antigo. Em 1955, Bitter e Van Veeeren (*apud* CROOME, 1977) mostraram em seu trabalho que os ruídos que causam mais desconforto são impacto de portas em batida, sons de coisas caindo, caminhamento e impactos em pisos. Ruídos de crianças brincando, rádio, TV ou conversação causam um desconforto moderado.

O cuidado para evitar que o nível de ruído incomode a vizinhança tem de ser redobrado, bem como, com que o ruído emitido pela vizinhança chegue a sua residência, em níveis considerados desconfortáveis. Esse incômodo e desconforto refletem a necessidade de haver um bom isolamento acústico entre unidades residenciais e entre ambientes internos da mesma unidade residencial. Segundo Barry (2005) o usuário não está interessado, prioritariamente, na “quantidade” de isolamento, mas sim no nível de ruído resultante e espera que um recinto de uma edificação lhe proporcione conforto e privacidade acústicos. Em se tratando de pesquisas sobre isolamento acústico, inúmeros são os trabalhos relacionados ao desempenho acústico de materiais utilizados na construção civil. Alguns trabalhos tratam do desempenho da alvenaria (PAIXÃO, 2002), outros trabalhos tratam da eficiência das janelas com vidros simples ou vidros duplos (COLLINS, 1995). A preocupação com o conforto acústico também foi tratada por Fuchs *et al.* (2001), de um modo particular com as baixas frequências. Entre os trabalhos de isolamento sonoro em edificações pode-se citar o trabalho de Gerretsen (2003a; 2003b), onde apresenta os valores definidos em normas específicas, que a partição deve obedecer; e o trabalho de Lahtela (2005) que apresenta um guia de isolamento sonoro em edificações de madeira, comuns na Finlândia. Nesse trabalho, o autor também teve o cuidado de mostrar os valores mínimos de isolamento estabelecidos em documentos, que a edificação deve ter.

Em relação à privacidade, Cavanaugh, em 1962, já questionava sobre os valores de isolamento dos materiais obtidos na época. Insistia na realização de testes de laboratório (embora ainda não houvesse normas específicas para a avaliação). Afirmava ainda, que o nível de privacidade dependia das atividades a serem exercidas. Por essa razão, foram realizados diversos estudos sobre a privacidade da fala em vários ambientes, entre eles, residenciais, escritórios, hotéis.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar a comparação de desempenho acústico de paredes de alvenaria com espessuras de 11,0 e 11,5 cm, utilizadas em Portugal e no Brasil, respectivamente, quando empregadas com a finalidade de parede de geminação, isto é, entre duas unidades habitacionais em edifício residencial. Essa avaliação do desempenho envolve testes realizados em laboratório e em campo, e teste de percepção da inteligibilidade de sentenças, com júri.

3. MÉTODO

Para realizar a avaliação do desempenho acústico, as paredes de alvenaria foram submetidas ao teste de isolamento¹ sonora em laboratório e isolamento² sonoro em campo. Esses testes seguiram os procedimentos das normas ISO 140-3 (1995) para o laboratório e ISO 140-4 (1998) para o campo. A norma ISO 717-1 (1996), foi utilizada para obter o número único para os testes de desempenho.

Os procedimentos de medição para o laboratório e para o campo são similares. A parede em avaliação (corpo de prova) fica entre dois ambientes, sendo um de emissão e outro de recepção, conforme esquematizado na Figura 1.

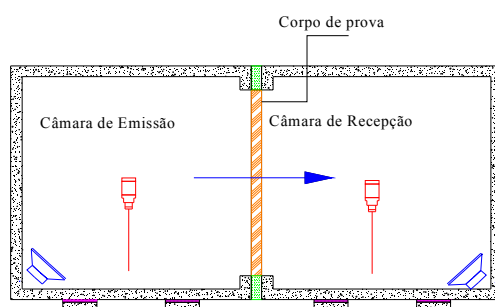


Figura 1: Desenho esquemático de câmaras reverberantes em teste de isolamento sonora, em laboratório.

No ambiente de emissão, é medido o nível de pressão sonora de ruído branco³. No ambiente de recepção, são medidos o nível de pressão sonora do ruído branco após a passagem pela parede, o nível de pressão sonora do ruído de fundo⁴ e o tempo de reverberação⁵. Em laboratório, as condições ambientais são controladas e parâmetros como umidade do ar e temperatura são medidos e entram no cálculo (embutidos no cálculo da absorção sonora no ambiente de recepção, A) do Índice de Redução Sonora, R, como mostra a Equação 1.

$$R = L_1 - L_2 + \log\left(\frac{S}{A}\right) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

L_1 – nível médio no ambiente de emissão, em dB;

L_2 – nível médio no ambiente de recepção, em dB;

S – área do corpo de prova, em m²;

A – absorção sonora no ambiente de recepção, em m².

Em campo, esses parâmetros não são controlados e não entram no cálculo da Diferença Padronizada de Nível, D_{nT} , dada pela Equação 2.

¹ *Isolação* – refere-se ao fenômeno acústico. A isolação é avaliada em laboratório e refere-se ao comportamento acústico de um único elemento construtivo isoladamente (BARING, 1988). A avaliação provém da relação entre a energia sonora incidente e a energia sonora transmitida pelo corpo de prova.

² *Isolamento* – refere-se à redução do som entre dois recintos, proporcionado pelo sistema construtivo entre eles, que pode ser a fachada, parede ou piso. É a capacidade de um ambiente de ser protegido de ruídos externos ou de confinar fontes de ruído. (BARING, 1988).

³ *Ruído branco* – seu espectro apresenta nível constante em todas as frequências (BISTAFA, 2006).

⁴ *Ruído de fundo* – ruído fontes secundárias que se sobrepõem ao ruído principal (BISTAFA, 2006).

⁵ *Tempo de reverberação* – tempo necessário para que o nível em um recinto caia 60 dB, após o desligamento da fonte sonora (BISTAFA, 2006).

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + \log\left(\frac{T}{T_0}\right)$$

Equação 2

Onde:

L_1 – nível médio no ambiente de emissão, em dB;

L_2 – nível médio no ambiente de recepção, em dB;

T – tempo de reverberação no ambiente de recepção, em segundos;

T_0 – tempo de reverberação de referência, em edificações, $T_0 = 0,5s$.

Como se verifica, pela Equação 2, para o cálculo da Diferença Padronizada de Nível não é necessário inserir o volume do ambiente de recepção, visto que está embutido nos resultados da medição do tempo de reverberação.

Em laboratório foram utilizados os seguintes equipamentos: uma fonte sonora omnidirecional, um analisador de ruído de dois canais (porém, foi utilizado somente um canal para a medição), um microfone de ½", pré-amplificador para o microfone, amplificador para o gerador de sinais. Salienta-se, entretanto, que o analisador de ruído e o gerador de sinais é o mesmo instrumento.

Ainda, em laboratório, para a medição de níveis de ruído branco, tanto no ambiente de emissão quanto no ambiente de recepção, foram utilizados: uma posição de fonte sonora, posicionada em um triedro inferior da câmara de emissão e seis posições de microfone. O cálculo dos níveis de ruído é obtido a partir das médias, espacial e temporal, das medições. Para a medição do tempo de reverberação, o método utilizado foi a resposta impulsiva integrada com excitação por MLS (*maximum-length sequences*). Foram utilizadas duas caixas acústicas colocadas em dois dos triedros inferiores da câmara reverberante e seis posições do microfone. A medição do tempo de reverberação se faz segundo os procedimentos da norma ISO 354 (2003). O ruído de fundo também foi medido em seis posições do microfone. A avaliação em laboratório, em Portugal, foi realizada por Pião (2007).

Para as medições, realizadas no Brasil, foram utilizados os seguintes instrumentos: gerador de sinais e analisador de ruído de dois canais, pré-amplificador do microfone e microfone de ½", uma fonte sonora omnidirecional e amplificador de potência. Esses equipamentos são de propriedade da UNICAMP. Foram utilizadas quatro posições de microfone, no ambiente de recepção. As normas de procedimento de medição estipulam distâncias mínimas entre a fonte e o microfone e, entre o microfone e as demais superfícies. Conforme essas distâncias e a área do ambiente de recepção, pode-se variar o número de posições de microfone. O número de posições de fonte sonora foi o mesmo do usado em laboratório.

Em Portugal, os instrumentos utilizados, pertencentes à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, gentilmente emprestados pela Prof^{ta}. Julieta António e pelo Prof. Dr. Luis Godinho, foram: analisador de ruído de dois canais, gerador de ruído independente do analisador, amplificador de potência para o gerador de ruído, pré-amplificador para o microfone e microfone de ½", condicionador de sinal e fonte sonora omnidirecional. O número de posições de microfone e fonte seguiu os mesmos números da medição realizada no Brasil.

Nas medições dos níveis de pressão sonora do ruído, em campo, no Brasil e em Portugal, foi utilizado o ruído branco, conforme a norma ISO 140-4 (1998). O tempo de reverberação foi medido com o ruído rosa⁶, segundo os procedimentos da norma ISO 354 (2003).

A obtenção do número único é feita por meio da ponderação de uma curva de referência dada pela norma ISO 717-1 (1996) com a curva do desempenho, seja R ou D_{nT} . A curva de referência colocada sobre a curva de desempenho deve ser deslocada verticalmente, até que a soma das diferenças entre a curva de referência e a de desempenho, de cada uma das frequências, em bandas de 1/3 de oitava, entre 100 e 3150 Hz, seja igual ou inferior a 32,0. Definida a nova posição da curva de referência, obtém-se o valor de R_w (Índice de Redução Sonora Ponderado) ou $D_{nT,w}$ (Diferença Padronizada de Nível Ponderada) pelo valor da curva de referência deslocada, em 500 Hz.

Também em campo, foi feita uma avaliação da parede, por um júri, em relação à percepção da inteligibilidade de sentenças emitidas por voz masculina e feminina. Tanto no Brasil quanto em Portugal, o auxílio do júri se faz necessário para a avaliação subjetiva do desempenho acústico da parede. Para essa avaliação em Portugal, embora o povo português esteja muito familiarizado com a pronúncia brasileira devido ao grande número de programas brasileiros sem dublagem, que são transmitidos nos canais portugueses, houve o cuidado de selecionar pessoas que já tiveram contato com a língua, no Brasil. Nesta

⁶ Ruído rosa - seu espectro apresenta nível que cai 3dB por oitava (BISTAFA, 2006).

avaliação, o júri foi posicionado no ambiente de recepção, simulando os moradores de uma unidade habitacional, em um edifício residencial. No ambiente de emissão, as sentenças foram emitidas por um CD Player, simulando a conversação de moradores de outra unidade habitacional, adjacente à primeira. As sentenças foram gravadas em um estúdio nas dependências da UNICAMP, em Campinas, por voz masculina e voz feminina. O nível sonoro da sala de emissão foi controlado.

3.1 Paredes avaliadas

As paredes avaliadas são compostas por blocos e tijolos cerâmicos. No Brasil, o prédio onde foi realizada a avaliação em campo era um prédio novo, pronto para ser habitado. Em Portugal, o prédio já estava habitado e foi construído no início dos anos 90. A Tabela 1 apresenta as características dos tijolos e blocos utilizados nas edificações avaliadas.

Tabela 1: Características das paredes avaliadas

Especificação	Brasil	Portugal
Dimensão do bloco/tijolo: largura x altura x comprimento (cm)	11,5 x 19,0 x 39,0	11,0 x 20,0 x 30,0
Peso médio (kg)	6,165	3,884
Reboco (em cada face)	Argamassa: 1,50 cm	Argamassa: 2,00 cm
Espessura final da parede	14,5 cm	15,0 cm

3.2. Critérios de avaliação

Os critérios de desempenho acústico de cada país foram a base para a avaliação acústica das paredes. No Brasil, a norma de desempenho, NBR 15575, que entrará em vigor em 2010, apresenta três níveis de desempenho, nomeadamente, M – Mínimo, I – intermediário e S – Superior. Embora apresente os três níveis de desempenho, somente o nível M deverá ser atendido. Os demais são apresentados no anexo da norma e são apenas recomendações. A Tabela 2, extraída da parte 4 da norma acima mencionada, apresenta os valores de isolamento para os diferentes níveis de desempenho.

Tabela 2: Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$, para ensaio de campo e Índice de redução sonora ponderado dos elementos construtivos, R_w , para ensaio de laboratório

Elemento	$D_{nT,w}$ (dB)	Índice de Redução Sonora Ponderado R_w (dB)	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	40 a 44	45 a 49	M
	45 a 49	50 a 54	I
	≥ 50	≥ 55	S

Em Portugal, não é uma norma que define os critérios para o desempenho dos edifícios e sim, um decreto-lei, que foi atualizado em 2008. De modo diferente do Brasil, o critério português faz referência a um único valor de desempenho e não a diferentes níveis de desempenho. O artigo 5º, que trata dos edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras, do Capítulo II, referente aos Requisitos acústicos dos edifícios do *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios*, apresentado no Decreto-Lei nº 96/2008 do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, estabelece que o índice de isolamento sonoro entre ambientes internos e entre unidades habitacionais deverá ser, no mínimo, $D_{nT,w} = 50$ dB (PORTUGAL, 2008).

Verifica-se que o critério português refere-se ao nível superior da norma brasileira. Porém, há que se salientar que os edifícios portugueses requerem melhor vedação para ter conforto térmico adequado, durante o inverno. Dessa forma, o nível de conforto acústico passa a ser uma consequência dessa vedação, para atender as questões térmicas.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

Os resultados e análises das medições estão apresentados a seguir:

4.1. Desempenho acústico

Os dois tipos de paredes foram avaliados acusticamente em laboratório. Em Portugal, o teste de isolamento da parede foi realizado por Pião (2007). Os resultados estão disponibilizados na dissertação de

mestrado e serão utilizados neste trabalho, para efeito de comparação. A montagem da parede para a realização do teste realizado no Brasil teve monitoramento direto da primeira autora deste trabalho. Houve o cuidado para que as juntas fossem cuidadosamente preenchidas e a colocação da argamassa por toda a área da parede, em ambas as faces, de forma o mais uniforme possível. Para evitar que houvesse transmissão sonora por meio de flancos, o corpo de prova (parede) foi isolado do restante da estrutura das câmaras reverberantes do laboratório, por meio de câmaras pneumáticas.

As Figuras 2 e 3 apresentam os resultados do índice de redução sonora em função da frequência obtidos nos testes de laboratório, das paredes de 11,5 cm de espessura e de 11,0 cm de espessura, realizados no Brasil e em Portugal, respectivamente, e o valor ponderado do índice de redução sonora. As curvas, contínuas e pontilhadas, em tom de cinza apresentam a curva de referência da norma ISO 717-1 (1996) original e deslocada, respectivamente, utilizadas para obter o número único de desempenho, isto é, o índice de redução sonora ponderado, R_w .

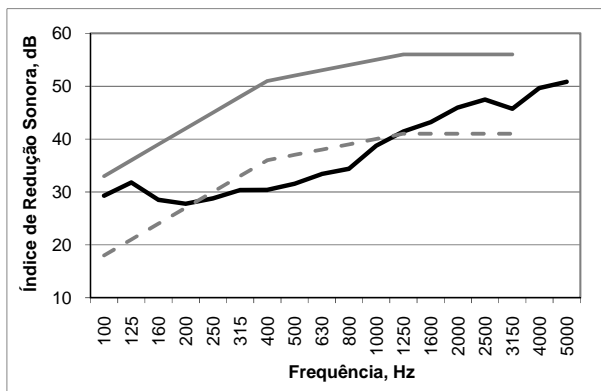


Figura 2: Espectro obtido em teste de isolamento sonora, realizado no IPT, da parede de 11,5 cm, com 1,5 cm de reboco em cada face. $R_w = 37$ dB.

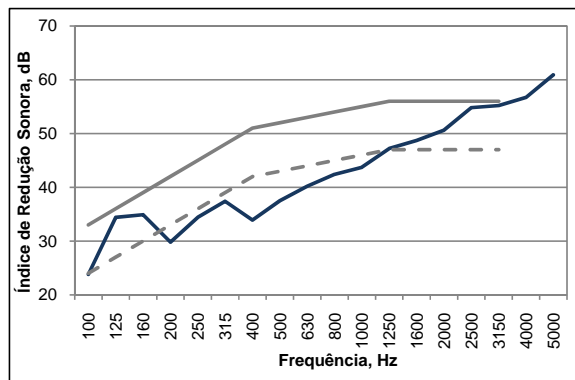


Figura 3: Espectro obtido em teste de isolamento sonora, da parede de 11,0 cm. $R_w = 43$ dB. (Adaptado de PIÃO, 2007).

Em campo, a avaliação de desempenho das duas paredes foi realizada pelas autoras, tanto no Brasil, quanto em Portugal. Nas Figuras 4 e 5, são apresentados os resultados da diferença padronizada de nível em função da frequência e a respectiva ponderação desse parâmetro.

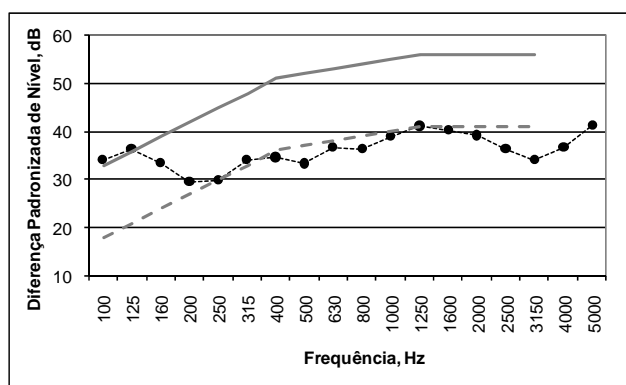


Figura 4: Desempenho da parede de alvenaria de bloco cerâmico, de 11,5cm, em campo, no Brasil. $D_{nT,w} = 37$ dB.

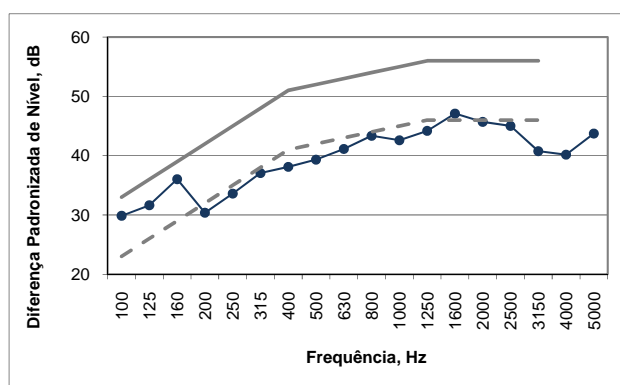


Figura 5: Desempenho da parede de alvenaria de tijolo cerâmico, de 11,0 cm, em campo, em Portugal. $D_{nT,w} = 42$ dB.

Esperava-se que, em campo, os valores de isolamento, fossem menores do que os valores em laboratório. As duas paredes brasileiras apresentam o mesmo valor absoluto de desempenho acústico, tanto em laboratório quanto em campo, embora os parâmetros, para laboratório (R_w) e campo ($D_{nT,w}$), sejam diferentes. A diferença de 1dB entre as medições em laboratório e em campo, das paredes portuguesas está dentro da variação esperada. Embora se saiba que a realização de testes em laboratórios diferentes, de um mesmo corpo de prova pode não dar resultados iguais; da mesma forma, sabe-se pelos relatos experimentais e pela experiência das autoras, que testes de dois corpos de prova “iguais”, no mesmo laboratório, também pode não apresentar resultados iguais. Portanto, inicialmente, esperava-se um melhor desempenho da parede

de 11,5 cm ou, no mínimo, desempenho similar de isolamento em relação à parede de 11,0 cm, em laboratório, visto ser a condição ideal para a avaliação da parede em si e a espessura final dos corpos de prova estar muito próximo, em ambos os países.

Deve-se salientar que em medições em laboratório, o tijolo cerâmico em si não é o único responsável pelos valores de desempenho acústico, embora seja o principal. Contribuem para o desempenho também o tipo e densidade de argamassa, a colocação da argamassa nas juntas, e o próprio reboco. As paredes avaliadas, tanto no Brasil, quanto em Portugal, nos testes em laboratório ou em campo, tiveram as juntas verticais e horizontais, preenchidas com a argamassa de cimento. No Brasil, a colocação da argamassa durante a construção da parede, é feita com o auxílio de bisnaga, como se pode verificar pela Figura 6. Em Portugal, a pá de pedreiro é utilizada para a colocação da argamassa, espalhando-a por toda a face do tijolo, como se verifica pela Figura 7. A diferença na espessura do reboco, não aparenta ser significativa e, que sozinha, justificasse a diferença de 6 e 5 dB, respectivamente, entre os testes em laboratório e testes em campo. A diferença de desempenho pode estar na densidade da argamassa utilizada. Informações de Pião (2007) indicaram que a densidade volumétrica da argamassa utilizada em Portugal é de aproximadamente, 2050 kg/m³. Esse valor está dentro do intervalo de 1970 kg/m³ a 2290 kg/m³ referente a densidade volumétrica de argamassa utilizada no Brasil.



Figura 6: Construção de parede de bloco cerâmico, no Brasil, com o uso de bisnaga. No detalhe, peças de bloco cerâmico.



Figura 7: Construção de parede de tijolo cerâmico, em Portugal, com o uso da pá de pedreiro e, no detalhe, uma peça de tijolo cerâmico. (SERRA E SOUZA, 2000).

Os resultados do desempenho das paredes em campo dependerão de fatores que vão além do tijolo ou do bloco. Entre esses fatores está a colocação da argamassa, existência de orifícios, existência de caixas de luz, estrutura do edifício, entre outros.

4.2. Percepção do Júri

A Tabela 3 apresenta os resultados do percentual da percepção das sentenças entendidas pelo júri no do teste subjetivo.

Tabela 3: Percentual da percepção das sentenças, em teste subjetivo, com o júri.

Percepção das sentenças	Cerâmico 11,0 cm		Cerâmico 11,5 cm	
	Fem. (%)	Masc. (%)	Fem. (%)	Masc. (%)
Ouve e entende tudo com facilidade	0,0	0,0	0,0	0,0
Ouve e entende uma parte com dificuldade	18,3	0,0	13,1	9,2
Ouve mas não entende	81,7	98,3	86,9	90,8
Não ouve	0,0	1,7	0,0	0,0

Verifica-se pelos dados da Tabela 3, que a parede com tijolos de 11,0 cm deu ao júri a sensação de maior privacidade, em relação à voz masculina, do que a parede com blocos de 11,5 cm. Em relação à voz feminina, a parede de 11,5cm deu a sensação de maior privacidade ao júri. Os testes de desempenho, tanto em laboratório quanto em campo, apontaram a parede de tijolo de 11,0 com melhor resultado do que a de 11,5 cm. As sentenças emitidas por voz masculina são mais difíceis de serem entendidas pelo júri, do que as

emitidas por voz feminina. Essa diferença aparece de forma mais acentuada, na parede com espessura de 11,0 cm.

5. CONCLUSÕES

Intuitivamente, pela diferença de espessura, a parede composta por tijolo cerâmico de 11,5 cm deveria apresentar melhor desempenho do que a composta por tijolo cerâmico de 11,0 cm. Porém, os resultados mostraram o contrário.

Por outro ângulo, a parede de espessura final de 15,0 cm deveria apresentar melhor desempenho acústico do que a de 14,5 cm e é o que foi verificado. Além do tijolo ou bloco e do reboco, a montagem da parede com a argamassa colocada nas juntas, vertical e horizontal, contribui fortemente para o desempenho acústico da parede. O conforto acústico nos ambientes adjacentes a essa parede é consequência desse desempenho, visto que o júri confirmou a menor percepção das sentenças com a parede de maior valor da diferença padronizada de nível ponderado.

As paredes brasileiras apresentaram o mesmo valor absoluto de índice de redução sonora ponderado, R_w (teste em laboratório) e diferença padronizada de nível ponderado, $D_{nT,w}$ (teste em campo). As paredes portuguesas apresentaram a diferença apenas de 1dB entre as medições em laboratório e em campo. Teoricamente esperava-se valor superior de R_w em relação ao $D_{nT,w}$, visto que, em laboratório as condições são controladas e a parede em teste está isolada estruturalmente, por câmaras pneumáticas, do restante da câmara, evitando dessa forma, fugas de energia. Em campo, essa fuga de energia não pode ser evitada, visto que a ligação entre as paredes e o restante da estrutura do edifício não evita a propagação pela estrutura do edifício.

A parede portuguesa poderia ser utilizada como parede de geminação no Brasil, porém com a classificação de desempenho mínimo. Já a parede brasileira, não poderia ser utilizada no Brasil e menos ainda em Portugal, como parede de geminação, onde os critérios de desempenho são mais rigorosos.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos - Desempenho. Parte 4: Requisitos para sistemas de vedações internas e externas. Rio de Janeiro. 2008.
- BARRY, Peter. **Desempenho acústico em edifícios habitacionais**. Seminário Habitação: Desempenho e inovação tecnológica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT. São Paulo, 26-27 outubro. 2005. pg 76-83.
- BARRY, Peter. **Desempenho acústico em edifícios: Grandezas, Métodos, Normas e Critérios**. IV Seminário de Acústica Arquitetônica Contemporânea. São Paulo, 2008.
- CARVANAUGH, W. J., *et al.* Speech Privacy in Buildings. **Journal of the Acoustical Society of America**, v.34 n.4 p. 475-492. EUA. 1962.
- COLLINS, R. E. *et al.* Vacuum Glazing-A New Component for Insulating Windows **Building and Environment**, v. 30, n. 4, p. 459-492, 1995.
- CROOME, D. J. **Noise, Building and People**. Loughborough University of Technology, Great Britain: Pergamon Press. International Series in *heating, ventilation and refrigeration*, v. 11. 1977. 613p.
- BARING, João Gualberto de Azevedo. Isolação sonora de paredes e divisórias. In: **Tecnologia de Edificações**. São Paulo. PINI/IPT, 1988. p. 429-434.
- BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2006. 368p.
- FUCHS, H. V. *et al.* Creating low-noise environments in communication room **Applied Acoustics**, v. 62, n. 12, p. 1375-1396, Dec. 2001.
- GERRETSEN, Eddy. Sound insulation quality in Dutch dwellings. In: DAGA 2003, at Institut für Technische Akustik der RWTH. **Proceedings...** Aachen, Germany. 2003a.
- _____. Prediction of sound insulation in buildings: a tool to improve the acoustic quality. In: DAGA 2003, at Institut für Technische Akustik der RWTH. **Proceedings...** Aachen, Germany. 2003b.
- GRIMWOOD, Colin. Complaints about Poor Sound Insulation between Dwellings in England and Wales **Applied Acoustics**, Great Britain, v. 52, n. 3/4, p. 211-223, Nov./Dec. 1997.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 140-3**: Acoustics -Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements. Genève, 1995.
- _____. **ISO 140-4**: Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms. Genève. 1998.
- _____. **ISO 354**: Acoustics- Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room. Genève, 2003.
- _____. **ISO 717-1**: Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation. Genève. 1996.
- LAHTELA, Tero. **Sound Insulation - Guidelines for wooden residential buildings**. Wood Focus: Finlândia. 2005. 114p.
- PAIXÃO, Dinara Xavier. **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando análise estatística de energia (SEA)** Florianópolis, 2002. 182 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

- PIÃO, Adriano Fresco das Neves Simões. **Isolamento acústico de paredes de alvenaria de tijolo. Resultados experimentais versus modelos numéricos**. Coimbra, 2007.140 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- PORTUGAL. Decreto-Lei nº 96/2008. **Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios**. Diário da República I-Série A. nº 110, p. 3359-3372. Lisboa. 2008.
- SERRA e SOUZA, Augusto Vaz, *et al* **Manual de alvenaria do tijolo**. APICER, 2000.
- TAUIL, Carlos Alberto, *et. al*. ABCI. **Manual técnico de alvenaria**, Projeto/PW editores, Associação Brasileira da Construção Industrializada. 1990.
- UTLEY, W.A.; BULLER, I. B. A study of complaints about noise from domestic premises. **Journal of Sound and Vibration**. v. 127, n. 2, p. 319-330. Dec. 1988.

7. AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Departamento de Engenharia Civil, da Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade de Coimbra, nas pessoas da Prof^a. Dr^a. Julieta António e do Prof. Dr. Luis Godinho, pelo empréstimo dos equipamentos necessários para a realização das medições em Portugal.