AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO ACÚSTICO DE SISTEMAS DE FECHAMENTO VERTICAIS DE UMA "CASA POPULAR EFICIENTE"

Willian Magalhães de Lourenço (1); Eduardo Henrique Lucca Santos (2); Guilherme Corrêa Deboni (3); Viviane Suzey Gomes de Melo (4)

(1) Mestre, Arquiteto e Urbanista, creativearquiteto@gmail.com, Universidade Federal de Santa Maria.
(2) Mestre, Engenheiro Civil, e.henrique@yahoo.com.br, UFSM, Universidade Federal de Santa Maria.
(3) Mestre, Engenheiro Acústico, guilherme.acustica@gmail.com, Universidade Federal de Santa Maria.
(4) Doutora, Arquiteta e Urbanista, viviane.melo@eac.ufsm.br, Universidade Federal de Santa Maria.

RESUMO

O crescimento desordenado da população brasileira e o aumento do nível de ruído em zonas urbanas contribuem para uma crescente preocupação quanto ao desempenho acústico de edificações residenciais. Concomitantemente, o déficit habitacional brasileiro cresce cada vez mais e, portanto, faz-se necessário estudar a utilização de materiais alternativos de baixo custo para a construção de habitações populares e seu desempenho acústico. Em 2013, foi construída a "casa popular eficiente", uma construção de baixo custo. O projeto da 'Casa Popular Eficiente' contemplou diversas soluções sustentáveis, propondo, por exemplo, a utilização de materiais alternativos como tijolos de solo cimento, telhas tetra-pak e painéis OSB. Dessa forma, o presente trabalho tem como propósito analisar o isolamento acústico ao ruído aéreo proporcionado pelos sistemas de vedações verticais externos (SVVE) e internos (SVVI) da "casa popular eficiente" em uma situação de pós-ocupação. Como principais resultados, obteve-se que os índices de isolamento para as fachadas encontram-se acima dos valores mínimos recomendados pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013). Contudo, os sistemas de fechamentos verticais internos apresentaram índices insuficientes de isolamento, o que está diretamente correlacionado a detalhes executivos. Este resultado aponta para a relevância do desempenho de materiais e do processo construtivo empregados pelo setor da construção civil para a obtenção da qualidade nas habitações.

Palavras-chave: desempenho acústico, acústica arquitetônica, ruído aéreo.

ABSTRACT

The disorderly growth of the Brazilian population and the increase in the noise level in urban areas contribute to a growing concern about the acoustic performance of residential buildings. Concomitantly, the Brazilian housing deficit grows more and more and, therefore, it is necessary to study the use of low-cost alternative materials for the construction of affordable housing and its acoustic performance. In 2013, the "efficient popular house", a low-cost construction, was built. The 'Casa Popular Eficiente' project contemplated several sustainable solutions, proposing, for example, the use of alternative materials such as cement floor bricks, tetra-pak tiles and OSB panels. Thus, the present work aims to analyze the acoustic insulation to air noise provided by the external and internal vertical closure systems of the "efficient popular house" in a post-occupation situation. As main results, it was found that the insulation indices for the facades are above the minimum values recommended by NBR 15575-4 (ABNT, 2013). However, internal vertical closure systems had insufficient insulation rates, which is directly correlated with executive details. This result points to the relevance of the performance of materials and the construction process used by the civil construction sector to obtain quality in housing.

Keywords: acoustic performance, architectural acoustics, airborne noise.

1. INTRODUÇÃO

A população urbana tem crescido substancialmente nas últimas décadas. Em 1950, apenas 30% da população mundial vivia em áreas urbanas, uma proporção que cresceu para 55% até 2018 (ONU, 2018). O Brasil também segue essa tendência, uma vez que há estudos com indicativos da diminuição do volume da população rural e do incremento da população urbana. O grau de urbanização no Brasil passou de 75,6% em 1991, para 84,4% em 2010 (IBGE, 2010). A migração da população da zona rural para a urbana, aliada ao crescimento da população, amplificou o problema urbano da falta de moradias.

Nesse contexto, a construção civil tem um papel fundamental de atender as demandas associadas ao problema do déficit habitacional brasileiro. Em contrapartida, de acordo com BARROS (2017), a construção civil, por ser um dos principais setores da economia, causa um impacto ambiental significativo. Os edifícios consomem recursos naturais durante todo o seu ciclo de vida, ademais, produzem resíduos que retornam ao meio ambiente sem qualquer tratamento ou processo de reciclagem. Sendo assim, torna-se necessário pesquisar materiais e soluções construtivas sustentáveis que possibilitem a construção de habitações de baixo custo e ao mesmo tempo proporcionem condições de segurança e conforto aos usuários das edificações.

Desenvolvimento sustentável implica em satisfazer as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprir suas próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1987). O setor da construção civil, porém, ainda está distante de incorporar tal conceito. Estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção (MMA, 2014). A construção civil pode estar ameaçando a qualidade de vida atual e das gerações futuras, o uso de materiais que envolvam baixo consumo energético, baixa geração de resíduos e poluentes, baixa emissão de CO_2 na atmosfera e grande potencial de reincorporação na natureza, devem ser incorporados nesse setor (GIORGI, 2016).

O emprego de tecnologias menos agressivas à natureza, de materiais reciclados e de matérias-primas naturais tem como produto final edificações ecologicamente sustentáveis. A utilização dessas tecnologias e desses materiais pode diminuir o custo para a construção de habitações populares, o que auxiliaria na diminuição do déficit habitacional brasileiro, conquanto tais habitações sejam capazes de garantir condições mínimas de conforto ambiental aos seus usuários.

Neste sentido, o uso de terra na forma prensada é uma técnica “moderna” de aplicação de um material de construção milenar (GIORGI, 2016). O tijolo de solo-cimento é o componente de alvenaria constituído de uma mistura homogênea, compactada e endurecida de solo, cimento Portland, água e, eventualmente, aditivos e/ou pigmentos (ABNT, 2016). Basicamente, o processo de fabricação desse material envolve preparação do solo, preparo da mistura, moldagem, cura e armazenamento (GIORGI, 2016). O processo de produção desse material dispensa a queima de material, sabidamente danosa ao meio ambiente (VISINTAINER; CARDOSO; VAGHETTI, 2012). Estudos como o de Friedrich, Vaghetti e Soares (2014) já demonstraram que o uso de tijolos de solo-cimento na construção de edificações é viável. Portanto, esse material é uma alternativa de baixo custo que pode ser empregada na construção de habitações populares.

Por outro lado, a percepção desagradável, incômoda, irritante, e por vezes lesiva, da onda sonora é definida como ruído (PEDROSO, 2007). Deve-se salientar que a noção de incomodidade provocada pelo som é subjetiva. O mesmo tipo de som, dependendo de fatores como horários, circunstâncias e da pessoa sujeita a ele, pode ser agradável ou desagradável (CABRAL, 2012). Os efeitos nocivos dos ruídos ao ser humano não se limitam às lesões do aparelho auditivo, como perda auditiva e até surdez permanente, podendo causar outros efeitos físicos, como dores de cabeça, fadiga e distúrbios cardiovasculares, e também efeitos psicológicos, como perda de concentração, perda de reflexos e perturbações no sono (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2006).

Brandão (2016) afirma, ainda, que parte da sensação acústica de espaço que um ouvinte experimenta numa sala é resultado da reverberação. Tempo de reverberação é o tempo necessário para que o nível de energia sonora decaia de 60 dB, o que representa o decaimento de um milésimo do nível de energia anterior, após ter sido interrompida a fonte sonora (ISO 3382-2, 2008). A obtenção desse parâmetro pode ser dada por meio de equações matemáticas ou por meio de medições com instrumentação adequada (ARAÚJO; PAUL; VERGARA, 2016). Ainda, Brandão (2016) afirma que o tempo de reverberação depende do volume da sala e de sua capacidade de absorção sonora.

No que se refere ao estudo do som e do conforto acústico, observa-se o ruído quanto a sua origem e a sua propagação (PEREYRON; SANTOS, 2007). Sendo assim, quanto à propagação têm-se os ruídos aéreos e os estruturais (HEISSLER et al., 2017). A diferença fundamental entre o ruído aéreo e o ruído estrutural situa-se na origem das vibrações, pois o ruído aéreo é produzido pela pressão acústica incidente sobre uma estrutura ou elemento de fechamento, enquanto o ruído estrutural é produzido pela força de impacto ou

vibração incidente sobre uma estrutura (PANOSSO, 2015). Sons gerados por conversações ou por instrumentos musicais são exemplos de ruído aéreo produzidos em edificações (FERRAZ, 2008).

Portanto, é primordial estudar o isolamento acústico proporcionado por materiais e processos construtivos empregados na construção de residências de baixo custo, e discutir com o intuito de contribuir para melhores condições acústicas dessa tipologia construtiva.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar o isolamento acústico ao ruído aéreo proporcionado pelos materiais e processos construtivos empregados nos sistemas de fechamentos verticais internas e externas da "Casa Popular Eficiente" da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

3. MÉTODO

Para a execução do presente estudo foram realizadas medições de perda na transmissão de sistemas verticais *in situ* de acordo com o que preconiza a NBR 15575 (ABNT, 2013). A seguir, serão descritos o local dos ensaios, os equipamentos, os parâmetros e os procedimentos que foram adotados na obtenção e análise dos dados.

3.1. Local de ensaio

Os ensaios foram realizados na "Casa Popular Eficiente" localizada na UFSM. A edificação unifamiliar de interesse social, denominada de "Casa Popular Eficiente", foi projetada para a cidade de Santa Maria, RS, como resultado da parceria estabelecida entre a UFSM e a Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), tendo como premissas básicas desenvolver ações concretas que valorizassem a redução do consumo de energia elétrica e a utilização de condicionantes bioclimáticos, incentivando sobretudo o conforto dos moradores aliado a ações que preservassem o meio ambiente. Planta baixa e cortes estão apresentados na Figura 1.

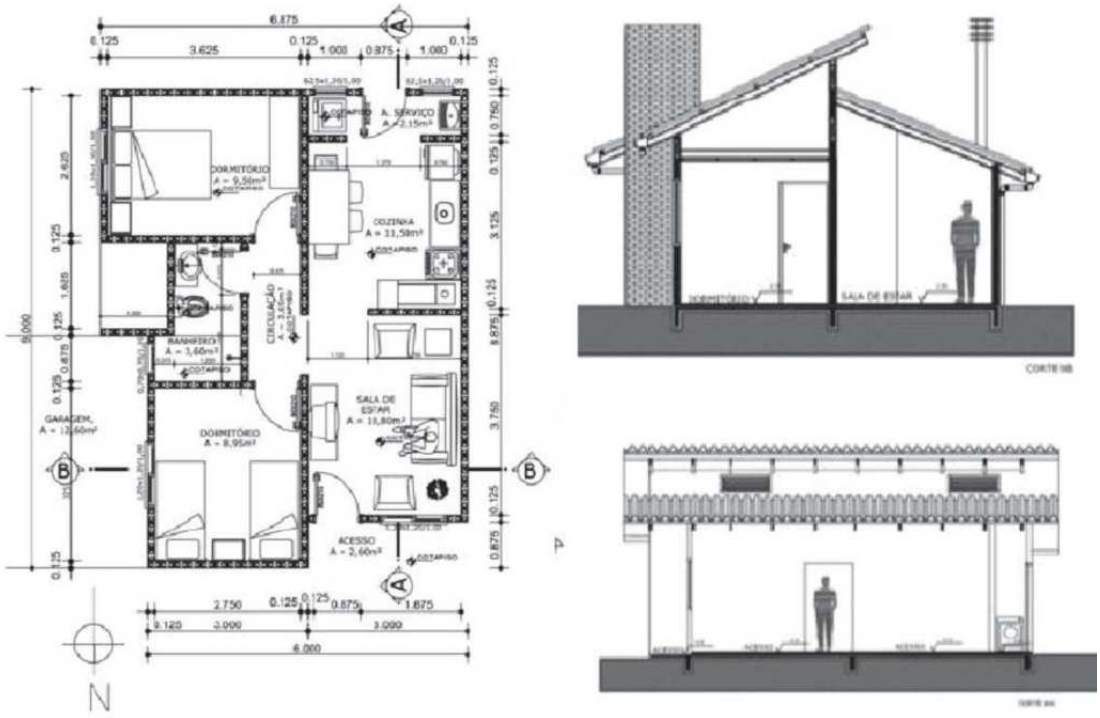


Figura 1 – Planta baixa e cortes da Casa Popular Eficiente da UFSM.

Um protótipo da edificação (Figura 2) foi construído no campus da UFSM em dezembro de 2013, utilizando materiais menos impactantes ao meio ambiente, como tijolos de solo-cimento, telha ecológica Tetra Pak, forro de painéis OSB e tintas e impermeabilizantes ecológicos.

A construção reuniu diversas estratégias para a melhor utilização dos recursos naturais, tais como: o aproveitamento da água da chuva, reaproveitamento de águas cinzas, uso da vegetação para proteção solar, emprego da ventilação e da luz natural e o uso da energia solar para aquecimento de água (VAGHETTI et. al., 2013).

Esse protótipo propõe o uso de tecnologias sustentáveis capazes de oferecer uma alternativa de moradia de baixo custo agregado para a população carente. Assim, uma avaliação acústica desse protótipo é uma forma de analisar e promover melhorias nos procedimentos construtivos adotados nas construções de baixo custo, destinadas ao público de menor renda. Os tijolos de solo-cimento vazados utilizados na execução dos sistemas de fechamentos verticais externas e internas da residência estão apresentados na Figura 3.



Figura 2 – Casa Popular Eficiente, localizada na UFSM.

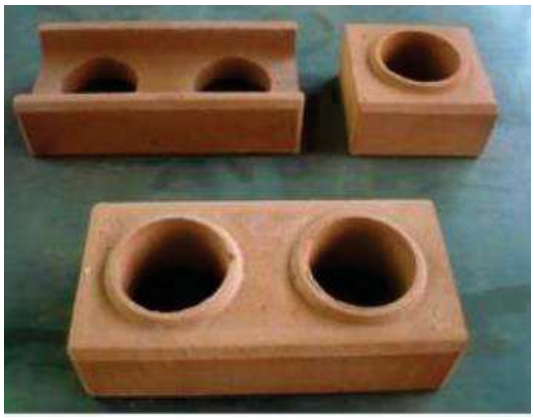


Figura 3 – Tijolos solo-cimento vazados utilizados na construção do protótipo.

As medições referentes ao presente trabalho foram realizadas em novembro de 2018, em uma situação em que a casa estava ocupada e mobiliada.

3.2. Equipamentos de medição

Os equipamentos utilizados para os ensaios foram disponibilizados pelo Laboratório de Termoacústica da Universidade Federal de Santa Maria (LaTA - UFSM) e estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Equipamentos de medição

Equipamento	**Modelo**	**Fabricante**
Fonte sonora omnidirecional	4292	Brüel & Kjaer
Amplificador de potência de fonte sonora	2716	Brüel & Kjaer
Calibrador de nível sonoro	4231	Brüel & Kjaer
Medidor de nível de pressão sonora	2270	Brüel & Kjaer
Microfones capacitivos	4942A021	Brüel & Kjaer
Termo-higrômetro digital	9860	Jumbo Digital

3.3. Metodologia de medição e processamento de dados

Na realização de medições de isolamento ao ruído aéreo em sistemas de fechamentos verticais para ensaios em campo, faz-se necessário determinar três parâmetros: tempo de reverberação, nível de som residual e diferença padronizada de nível ponderada ($D_{nT,w}$), ou, no caso de medições referentes a fachadas, diferença padronizada de nível a 2 m de distância da fachada ($D_{2m,nT,w}$).

Os métodos utilizados nos ensaios são os recomendados pelas normas ISO 3382-2 (ISO, 2008), para medições do tempo de reverberação, e ISO 16283-1 (ABNT, 2014), para medições da diferença padronizada de nível. Os valores únicos para a diferença padronizada de nível ponderada ($D_{nT,w}$) e para a diferença padronizada de nível a 2 m de distância da fachada ($D_{2m,nT,w}$), que são os parâmetros indicados pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013) para avaliar o desempenho de sistemas de fechamentos verticais em edificações habitacionais, serão encontradas por meio do tratamento dos dados encontrados pela ISO 717-1 (ISO, 2020).

As medições foram realizadas nas seguintes frequências centrais para bandas de um terço de oitava expressas em Hertz (Hz): 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1.000, 1.250, 1.600, 2.000, 2.500, 3.150. O tempo para a medição em cada posição de microfone foi de 30 s para todas as frequências avaliadas.

As posições dos microfones obedeceram às seguintes medidas mínimas de afastamento: 0,7 m entre as posições dos microfones fixos; 0,5 m entre qualquer posição dos microfones e os limites da sala; e 1,0 m entre qualquer posição de microfone e a divisória em que a fonte sonora estiver atuando. As posições utilizadas para os microfones e para a fonte nas medições de (D_{nT}) e ($D_{2m,nT}$) estão apresentadas nas Figuras 4, 5, 6 e 7.

Já para as medições de tempos de reverberação, as Figuras 8, 9 e 10 indicam, respectivamente, as posições utilizadas para os posicionamentos do microfone e para os posicionamentos da fonte no dormitório 2, no dormitório 1 e na sala de estar.

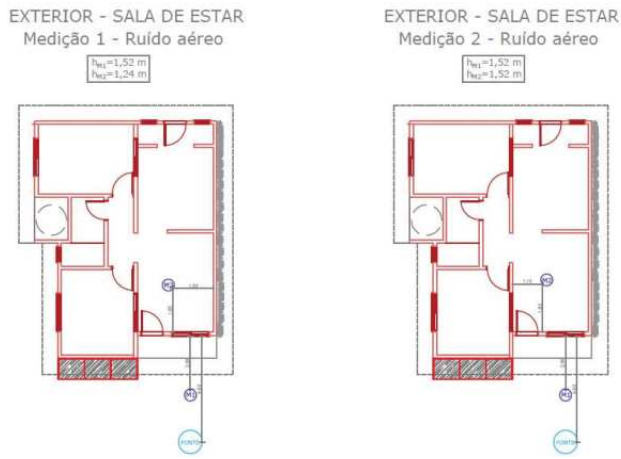


Figura 4 – Posições de fonte e receptor para a primeira e para a segunda medição ($D_{2m,nT}$).

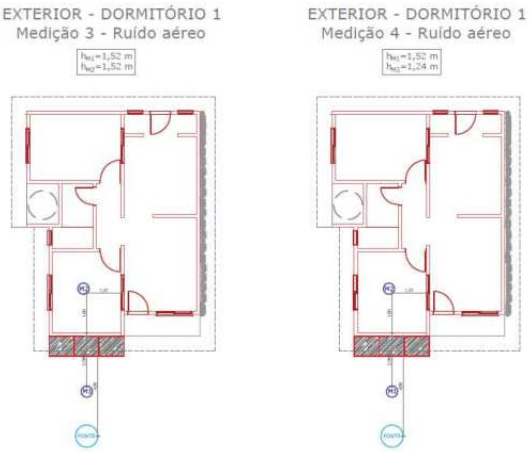


Figura 6 – Posições de fonte e receptor para a terceira e para a quarta medição ($D_{2m,nT}$).



Figura 5 – Posições de fonte e receptor para a quinta e para a sexta medição (D_{nT}).

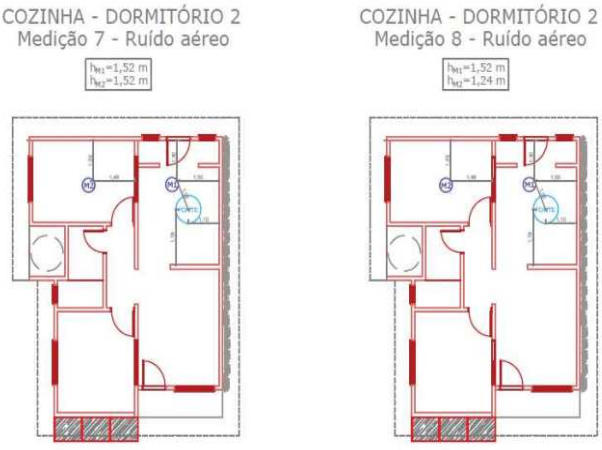


Figura 7 – Posições de fonte e receptor para a sétima e para a oitava medição (D_{nT}).

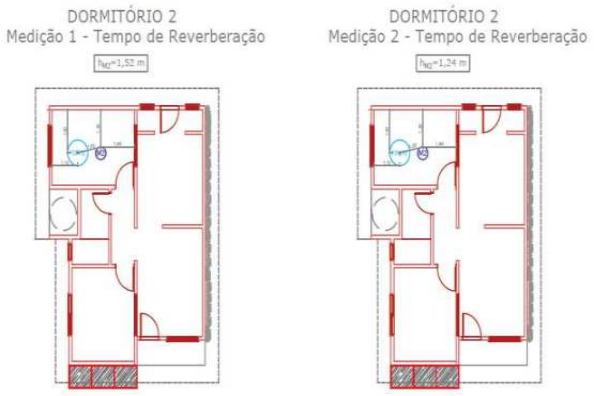


Figura 8 – Posicionamento de fonte e receptor para a medição do tempo de reverberação do dormitório 2 (TR).

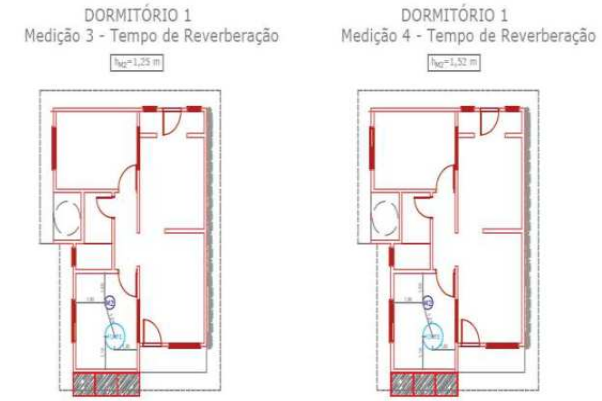


Figura 9 – Posicionamento de fonte e receptor para a medição do tempo de reverberação do dormitório 1 (TR).



Figura 10 – Posicionamento de fonte e receptor para a medição do tempo de reverberação na sala de estar (TR).

Outrossim, a NBR 15575-4 (ABNT, 2013) define níveis de desempenho para medições em campo quanto ao desempenho de fechamentos externos e ao desempenho de fechamentos entre ambientes de diferentes unidades habitacionais em edificações multifamiliares. Entretanto, a norma de desempenho não prevê valores mínimos para paredes divisórias de recintos de uma mesma unidade autônoma, somente para unidades habitacionais distintas. A Tabela 2 apresenta o valor mínimo requerido na NBR 15575-4 (2013) para o isolamento sonoro das fachadas.

Tabela 2 - Diferença padronizada de nível ponderada da fechamento externo, $D_{2m,nT,w}$, para ensaios de campo.

Classe de Ruído	**Localização da habitação**	$D_{2m,nT,w}$ **[dB]**	**Nível de Desempenho**
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥20	M
		≥25	I
		≥30	S

4. RESULTADOS

Inicialmente são analisados os resultados da medição do Tempo de Reverberação (TR) em cada um dos ambientes. Observa-se na Figura 11 que o TR da sala foi o maior entre os ambientes medidos. Este valor elevado é devido ao volume do ambiente.

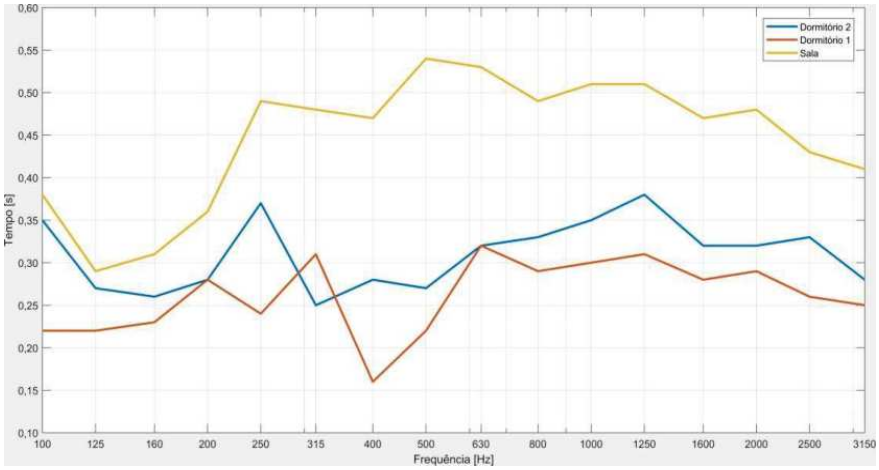


Figura 11 – Tempo de Reverberação de cada ambiente medido.

Neste protótipo, a sala está em conjunto com a cozinha, corroborando para um ambiente de maior volume. Além disso, estes ambientes não possuem móveis que ofereçam uma elevada absorção. O TR nos dormitórios, menor que o valor medido na sala, é devido ao volume menor dos quartos e aos móveis que se encontram no ambiente, principalmente devido à absorção sonora dos colchões.

A Figura 12 apresenta a diferença padronizada de nível da fachada da sala. Esta fachada apresentou um $D_{2mnT,w}$ = 22 dB. É possível analisar que o sistema construtivo apresenta valor muito baixos para isolamento de baixas frequências, o que corrobora para valores únicos menores por tratar-se de uma média

ponderada de medições. Este valor baixo é devido às esquadrias da fachada que ocupam a maior parte da área total. Entretanto, este valor está acima do mínimo requerido pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013) para a situação do local de estudo.

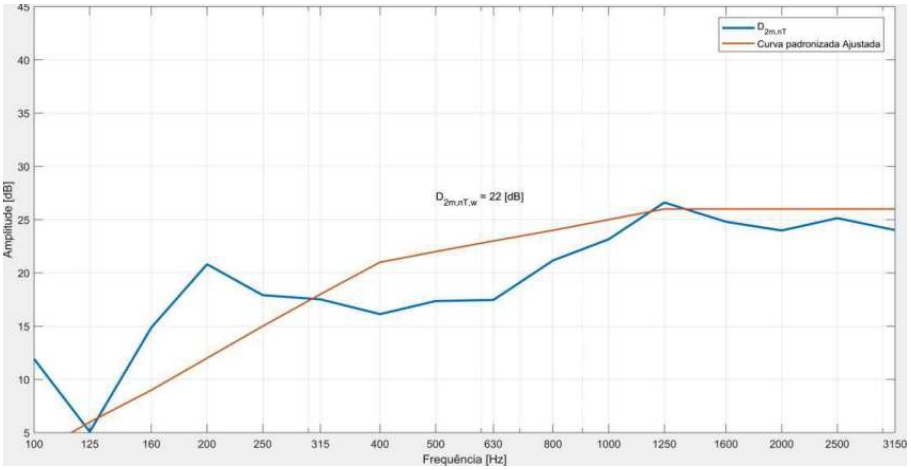


Figura 12 – Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada da sala de estar.

A Figura 13 apresenta a diferença padronizada de nível da fachada do quarto. Essa fachada é composta apenas por uma parede, sem aberturas. Este fato contribuiu para uma maior diferença padronizada de nível, $D_{2mnT,w}$ = 32 dB, 10 dB acima da fachada da sala. Esse valor é relacionado a um nível de desempenho superior considerando os requisitos da NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

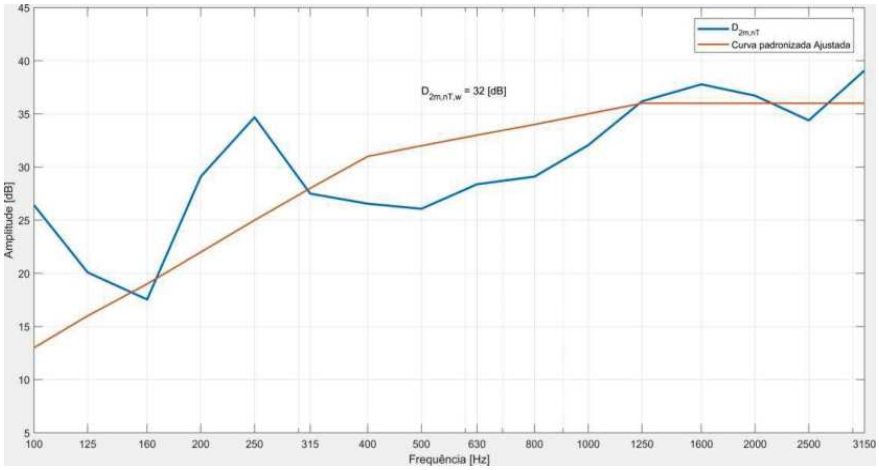


Figura 13 – Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada do dormitório 1.

A Figura 14 apresenta a diferença padronizada de nível entre a sala e o dormitório 1. O valor ponderado da diferença padronizada de nível foi de $D_{nT,w}$ = 25 dB. O dormitório tem conexão com a sala através da porta de acesso à circulação e há uma pequena janela entre os dois cômodos. Devido a esses fatores, o valor da diferença de nível padronizada foi maior do que o encontrado no segundo dormitório (que está adjacente a cozinha).

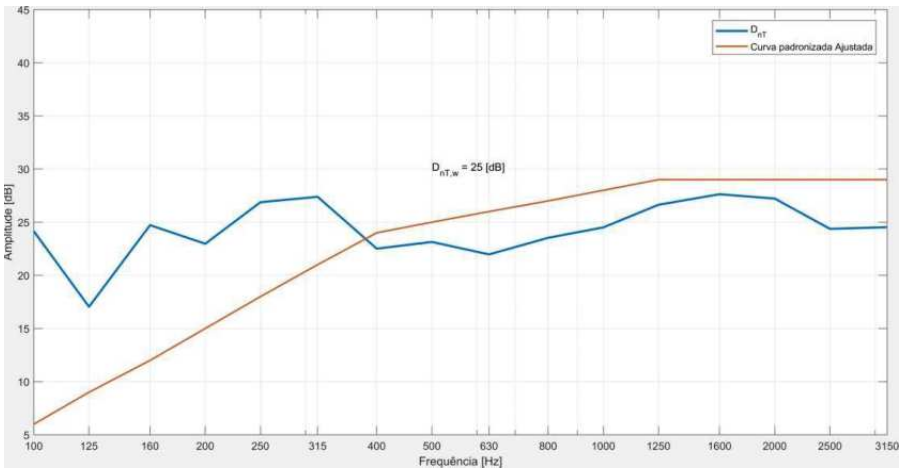


Figura 14 – Diferença padronizada de nível entre a sala e o dormitório 1.

Diferentemente da divisória do dormitório 1, a divisória do dormitório 2 apresentou uma diferença padronizada de nível com a cozinha de $D_{nT,w}$ = 22 dB, como é apresentado na Figura 15. Como os tempos de reverberação nos dois dormitórios são semelhantes, a diferença no $D_{nT,w}$ há uma particularidade construtiva.

Este sistema de fechamento vertical possui frestas entre os tijolos que constituem a parede que divide este dormitório com a cozinha, devido à ausência de argamassa na junta vertical entre alguns tijolos. Por algumas frestas é possível visualizar o ambiente que se encontra no outro lado da parede, corroborando para um decréscimo do desempenho ao isolamento do ruído, pois caracterizam pontes acústicas.

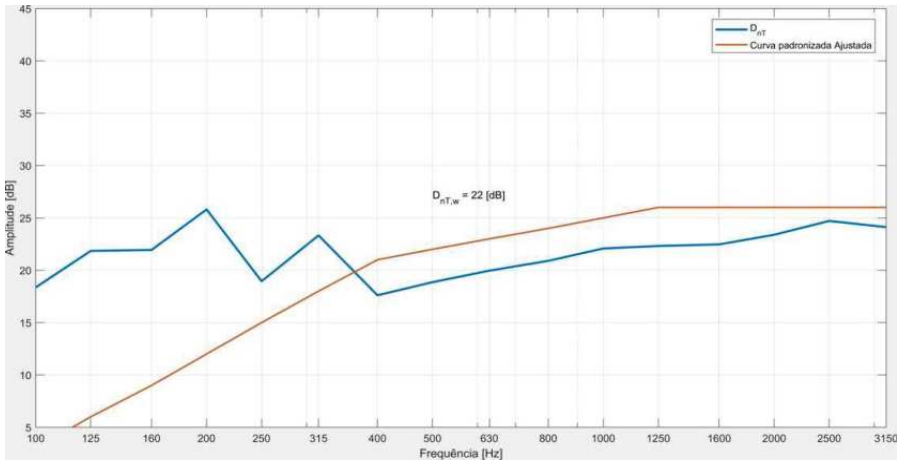


Figura 15 – Diferença padronizada de nível entre a cozinha e o dormitório 2.

Para uma melhor comparação, a Figura 16 mostra as diferenças padronizadas de nível para todas as situações medidas. Observa-se que o melhor desempenho foi da fachada do quarto devido à construção sem frestas na parede e sem esquadrias. Além disso, observa-se que as frestas na parede provocam uma queda significativa no isolamento, mostrada pelos valores do dormitório 2.

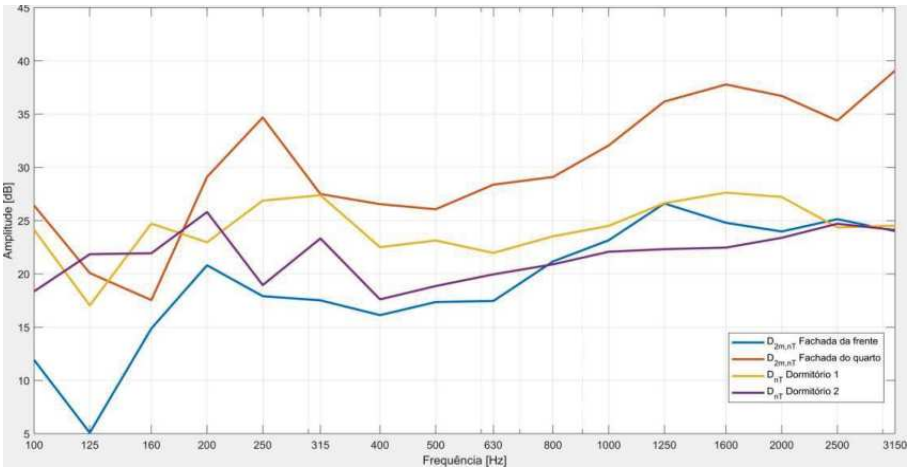


Figura 16 – Diferenças padronizadas de nível para todas as situações medidas.

Observa-se que as frestas entre os tijolos na parede que divide o dormitório e a cozinha (Figura 17), reduzem significativamente a diferença padronizada de nível. Esta diferença é vista tanto na análise do isolamento interno dos dormitórios, ambos com frestas nas paredes, quanto na comparação com os valores encontrados para a fachada do quarto, que não possui frestas.

Também é possível analisar, para o sistema construtivo utilizado, que as curvas se apresentam, de forma geral, ascendentes ao longo do espectro de frequência. Tal informação possibilita afirmar que a composição possui fragilidade no desempenho ao isolamento em baixas frequências. Sendo assim, corroborando com Paixão (2002), o sistema não é eficiente nas regiões controladas pela rigidez do material e também pela região de ressonância controlada pelo amortecimento, conforme a Figura 18.



Figura 17 – Ausência de argamassa na junta vertical entre alguns tijolos.

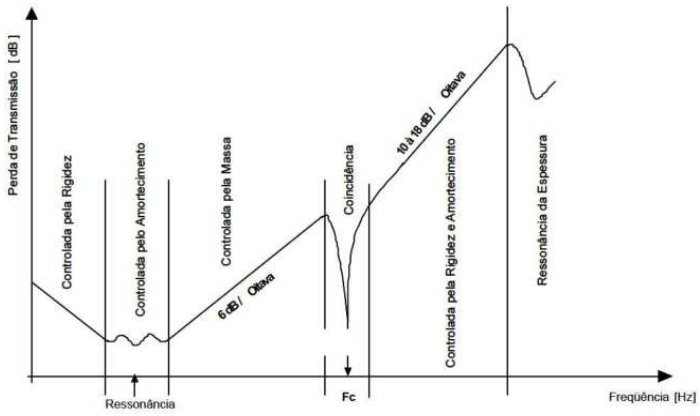


Figura 18 – Perda de transmissão em paredes (Paixão, 2002).

O acréscimo de isolamento começa a ocorrer nas médias frequências, que são controladas pela lei da massa. A melhoria deste comportamento de desempenho poderia ser agregada, primeiramente, com a vedação das frestas com argamassa, e/ou com a utilização de um sistema massa-mola-massa, como por exemplo, utilizar mais uma parede de gesso como revestimento, e entre as duas paredes, um sistema poroso de condicionamento acústico, como lã de vidro. Também pode ser proposto trabalhos futuros de desempenho ao ruído aéreo destes sistemas fazendo a vedação completa das frestas com argamassa entre os tijolos.

5. CONCLUSÕES

A partir das medições de diferença de nível ponderada padronizada, prescrito na metodologia definida pela NBR 15575 (ABNT, 2013), realizadas em uma habitação de interesse social eficiente, é possível observar que o tempo de reverberação tem influência direta do tipo de ambiente (dormitório, sala ou cozinha) e dos móveis e objetos que se encontram no local, pois atribuem absorção e diminuição do mesmo. Além disso, uma pequena diferença no volume dos dormitórios e a existência de dois colchões no dormitório 1 podem explicar um TR maior no dormitório 2, principalmente nas médias e altas frequências.

Por fim, vê-se que o isolamento da fachada da sala de estar é afetado significativamente pelo mau isolamento das aberturas (porta e janela), que ocupam uma área significativa da parede, e da caracterização dos vidros utilizados.

Além disso, nas baixas frequências o isolamento da fachada da sala é menor que o dos demais sistemas avaliados. A lei da massa pode explicar este fenômeno. A porta e a janela de madeira reduzem a massa superficial que afeta o isolamento nas baixas frequências. Entretanto, os valores encontrados para o isolamento acústico ao ruído aéreo nas paredes da fachada estão de acordo com o especificado pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013). Sugere-se que o aprofundamento deste trabalho envolva as questões de custo, visto que a lacuna identificada é sobre uma habitação de interesse social, no qual o custo é um fator preponderante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. M. S.; PAUL. S.; VERGARA, E. F. Isolamento do ruído de impacto de pisos em baixa frequência com fontes normalizada e não normalizada. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 163-174, jan./mar. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. ABNT NBR 15575-4: 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Dossiê Técnico: Tijolo solo-cimento. São Paulo, 2016.
BARROS L. Gestão ambiental em projetos: sustentabilidade na construção civil. MBA em Gestão de Projetos em Engenharias e Arquitetura. Instituto de Pós-Graduação – IPOG. Maceió, AL, 2017.
BRANDÃO, E. Acústica de salas. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2016.
BRUNDTLAND, G. H. et al. Our common future. New York, 1987.
CABRAL, C. M. Acústica Industrial: aplicação da análise de vibrações e ruído à identificação de fontes de ruído em ambiente industrial. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Tecnologia e Gestão do Ambiente) - Faculty of Sciences and Technology of the University of Coimbra. Coimbra, Portugal, 2012.
FERRAZ, R. Atenuação de ruído de impacto em pisos de edificações de pavimentos múltiplos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.
FRIEDRICH, M.; VAGHETTI, M. A. O.; SOARES, J. M. D. Solo-cimento: o uso da terra crua para construções mais sustentáveis. 3° CHIS 2014 - Congresso Internacional: Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social. Porto alegre, 2014.
GIORGI, P. Avaliação de desempenho de sistema de vedação vertical de bloco de solo-cimento conforme NBR 15575 referente à habitabilidade e sustentabilidade. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2016.
HEISSLER, R. F.; LABRES, H. S.; KLIPPEL FILHO, S.; PIRES, J. R.; OLIVEIRA, M. F. Análise crítica do desempenho acústico de sistemas de revestimentos de pisos. Brasília, DF, 2017. In: XXVII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica - SOBRAC 2017.
INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo demográfico 2010. 2011. Disponível em: <https://www.ibge.go v.br/estatisticas/sociais/saude/9662-censo-demo grafico-2010.html?=&t=publicacoes>. Acessado em: 02 out. 2019.
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. ISO 717-1:2020 Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation. Switzerland, 2020.
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. ISO 3382-2: Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 2: Reverberation time in ordinary rooms. Switzerland, 2008.
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. ISO 16283-1:2014 Acoustics -- Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 1: Airborne sound insulation. Switzerland, 2014.
MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Estudo técnico aborda a sustentabilidade na construção civil. 2014. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/12421-noticia-acom-2014-11-585.html>. Acessado em: 02 out. 2019.
ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. Population Facts 2018/1 - The speed of urbanization around the world. 2018. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Publications/>. Acessado em: 02 out. 2019.
PAIXÃO, D. X. Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando análise estatística de energia (SEA). Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2002.
PANOSSO, A. S. Avaliação subjetiva do desempenho de soluções de isolamento sonoro ao ruído de impacto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2015.
PEDROSO, M. A. T. Estudo comparativo entre as modernas composições de pisos flutuantes quanto ao desempenho no isolamento ao ruído de impacto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2007.
PEREYRON, D.; SANTOS, J. L. P. dos. Laje nervurada: análise da performance acústica para ruído de impacto. Ouro Preto, 2007. In: IX Encontro Nacional e V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído.
SOUZA, L. C. L. de.; ALMEIDA, M. G. de.; BRAGANÇA, L. Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura. 1.ed. Bauru: Edufscar, 2006.
VAGHETTI, M. A. O. et al. Casa Popular Eficiente: um benefício ambiental aliado a um custo mínimo. Santa Maria: UFSM, 2013. Relatório Parcial de Pesquisa (Protocolo nº 28582 GAP/CT). Disponível em: <https://portal.ufsm.br/projetos/publico/projetos/view.html?idProjeto=33798>. Acessado em: 02 out. 2019.
VISINTAINER, M. R. M.; CARDOSO, L. A.; VAGHETTI, M. A. O. Habitação popular sustentável: sustentabilidade econômica e ambiental. Revista de Arquitetura da IMED, v. 1, n. 2, p. 133-140, 2012. Disponível em: https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/viewFile/416/333. Acesso em: 20 out. 2019.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.