DESENVOLVIMENTO DE PLANILHA ELETRÔNICA PARA CÁLCULO DO ISOLAMENTO ACÚSTICO POR VIA ÁEREA CONSIDERANDO A ENERGIA LATERAL[1]

ZARA, R. B., Universidade Estadual de Maringá, email: rafaelabzara@gmail.com; SOARES, P. F., Universidade Estadual de Maringá, email: pfsoares@uem.br

ABSTRACT

With increasing requirements regarding the performance of a building, it becomes increasingly necessary to use methods that can predict the reduction of the noise level inside a building. These methods are, in general, complex and require a variety of information. Thus, this work aims to develop a spreadsheet for calculation of acoustic insulation by air between adjacent environments and facades in the design phase. The spreadsheet was prepared in Microsoft Excel based on ANIT calculation method. The programming was performed using the Visual Basic for Application, with several options of applied materials, types of joints and shape of the facade. For spreadsheet validation, a case study was carried out, comparing the simulation results with the Noise Insulation Software (NIS) and the field measurement. All the results presented close values, demonstrating the spreadsheet efficiency. However, it is still necessary to study new cases to verify the scope of it.

***Keywords**: Acoustic performance. Sound insulation. Noise prediction.*

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento desordenado das cidades e o consequente aumento da densidade populacional, o excesso de ruído passou a afetar cada vez mais a sociedade (RADAVELLI; PAUL, 2015). Segundo Ferreira (2004), a exposição prolongada aos ruídos pode causar problemas graves para as pessoas, como irritabilidade, aumento da pressão arterial, dor de cabeça, insônia e estresse.

Nas edificações, o desconforto acústico é causado por ruídos aéreos externos e internos, propagados pelas fachadas e paredes, e os ruídos de impacto, causado pelo choque de um objeto em uma estrutura rígida (LUCA, 2011). Dessa forma, o sistema construtivo deve proporcionar a minimização dos ruídos, de forma a garantir adequado conforto acústico (BARROS et. al, 2015).

A norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2012) reflete essa preocupação em garantir qualidade e desempenho satisfatório nas edificações. A norma estabelece critérios e requisitos para o isolamento ao som aéreo e disposições para o isolamento ao ruído de impacto. São admitidos três níveis de desempenho: Mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S).
Para que esses requisitos sejam cumpridos, os profissionais devem utilizar métodos de previsão do nível de ruído ainda na fase do projeto, quando é mais fácil e econômico promover melhorias do conforto acústico. Segundo Paixão (2002), este estudo é pouco utilizado devido à complexidade e demora dos métodos mais conhecidos, além da falta de caracterização dos

[1]ZARA, R. B., SOARES, P. F. Desenvolvimento de planilha eletrônica para cálculo do isolamento acústico por via aérea considerando a energia lateral. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

materiais e das técnicas construtivas empregadas. Além disso, é necessário realizar muitas simplificações o que leva a valores diferentes dos medidos em obra. Grande parte dos desvios verificados vem da aproximação incorreta da transmissão marginal e das condições admitidas em projeto diferentes das verificadas em obra (DIAS, 2009).

Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo automatizar o método de cálculo proposto pela ANIT (Associazione Nazionale per l"Isolamento Termico e Acustico), considerando a transmissão direta e a transmissão indireta. Com isso, espera-se diminuir os erros decorrentes de aproximações incorretas e expandir o uso de previsões de isolamento, promovendo melhorias nos projetos de edifícios residenciais e melhor qualidade de vida para os moradores.

2 MÉTODO

2.1 Modelagem

A modelagem do isolamento acústico ao ruído de transmissão aérea foi realizada com base no método da ANIT (2016). As variáveis de saída utilizadas foram a diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes (DnTw) e a diferença padronizada de nível ponderada a dois metros da fachada (D2m,nTw).

O cálculo foi programado em planilha eletrônica no Microsoft® Excel por meio do Visual Basic for Applications (VBA). O levantamento de dados dos materiais construtivos necessários para o cálculo das variáveis de saída foi determinado através da bibliografia existente.

Salienta-se que a planilha foi elaborada para ambientes retangulares com divisórias de espessuras constantes. Para outras configurações, deve-se aproximar para o pior caso. Outras restrições ocorrem devido à tipologia das juntas e composição dos materiais.

Para validação da planilha de cálculo, a mesma foi aplicada a um estudo de caso, comparando o resultado da planilha com o de simulações no *software Noise Insulation Software* (NIS) e de medições *in situ*.

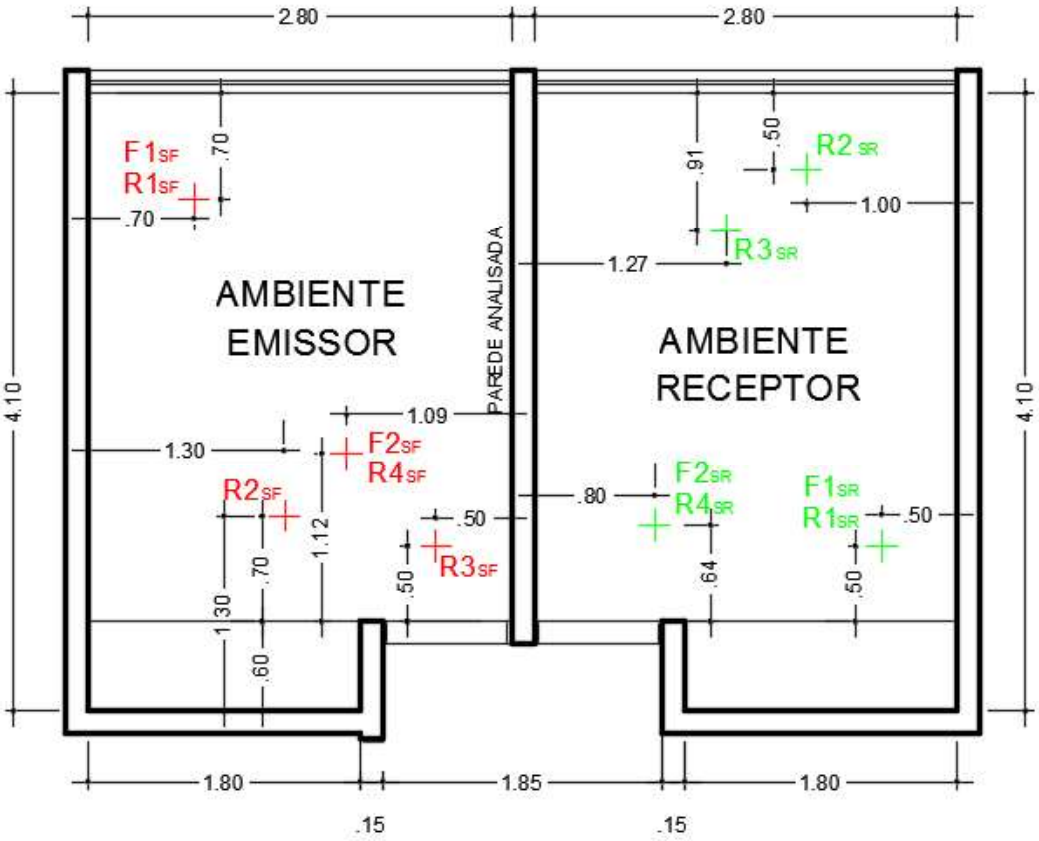
2.2 Medição

A medição foi realizada em um edifício com estrutura em concreto armado e vedação de tijolos laminados aparente no exterior. As lajes são maciças de concreto armado, sem forro e piso de tacos de madeira. As portas são de madeira e as janelas de esquadria metálica e vidro, ocupando toda a face da parede. O edifício encontra-se em uma zona residencial, sem interferências de ruído de fundo.

A medição dos níveis de pressão sonora foi realizada para uma parede entre dois ambientes de mesmo tamanho e formato (Figura 1), seguindo a ISO 140-4:1998. Além disso, foi medido o tempo de reverberação no ambiente receptor para quantificar a absorção sonora no cômodo, conforme ISO

354:2003. As medições foram realizadas para duas posições da fonte sonora, com três posições do microfone cada e duas medições por ponto. Para o tempo de reverberação, foram medidas duas posições da fonte e três do microfone, três vezes por ponto (Figura 1).

Figura 1 – Configuração dos ambientes



LEGENDA

$F1_{SF}$ e $F2_{SF}$: posição da fonte no ambiente emissor;
$R1_{SF}$, $R2_{SF}$, $R3_{SF}$ e $R4_{SF}$: posição do microfone no ambiente emissor;
$F1_{SR}$ e $F2_{SR}$: posição da fonte no ambiente receptor;
$R1_{SR}$, $R2_{SR}$, $R3_{SR}$ e $R4_{SR}$: posição do microfone no ambiente receptor.

Fonte: Os autores

2.3 Simulação

A simulação do estudo de caso foi realizada no software Noise Insulation Software (NIS), desenvolvido pela EOS s.r.l Engenharia Civil, Ambiental e Segurança. O resultado da simulação foi comparado com a planilha elaborada, possiblitando a verificação da eficácia da mesma.

3 RESULTADOS

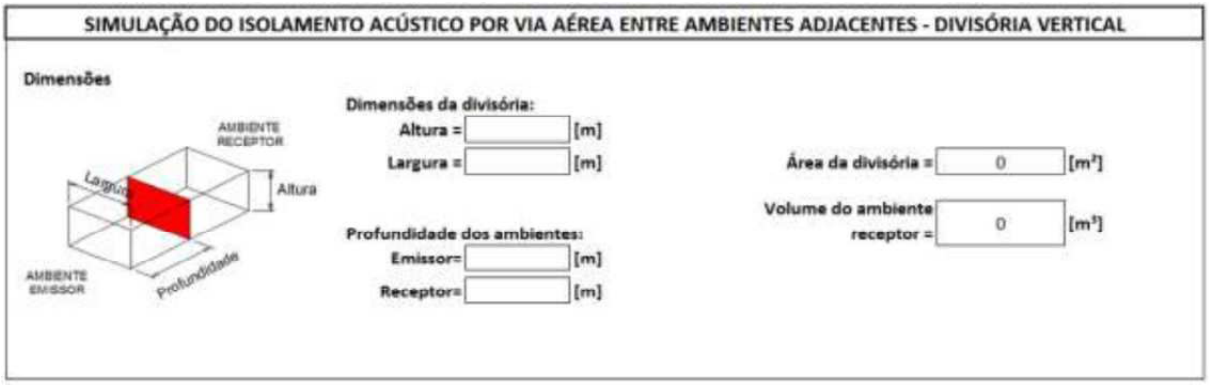
3.1 Planilha de cálculo

A guia "Informações Iniciais" conta com informações sobre o projeto avaliado

e botões de direcionamento para as guias destinadas aos cálculos do isolamento acústico de divisórias verticais, horizontais e de fachadas.

Para o cálculo do isolamento acústico de divisórias verticais e horizontais, deve-se começar inserindo as dimensões do ambiente emissor e receptor (Figura 2). A planilha retorna automaticamente a área da superfície de separação e o volume do ambiente.

Figura 2 – Dimensões do ambiente



Fonte: Os autores

O segundo passo é a especificação dos materiais construtivos de cada elemento que compõe o caminho de transmissão do ruído por via aérea, de forma direta e indireta. Paredes homogêneas e compostas, pisos e lajes em contato com o elemento de separação devem ser especificados quanto a materiais, espessuras e configurações. Com isso, a planilha calcula o índice de redução sonora Rw e o incremento de redução sonora ΔRw de cada elemento (Figura 3).

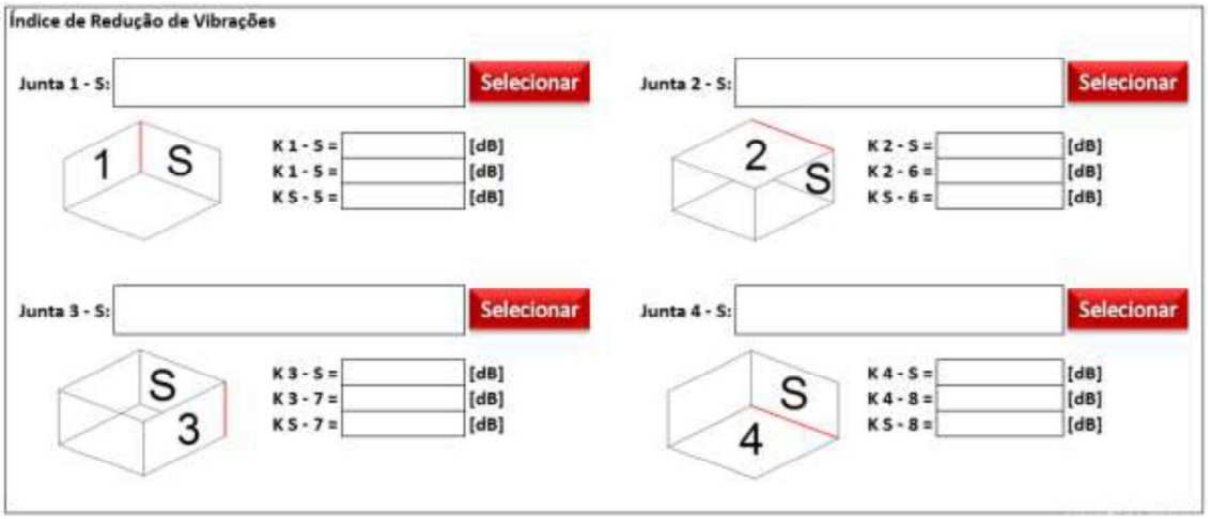
Figura 3 – Especificação dos elementos



Fonte: Os autores

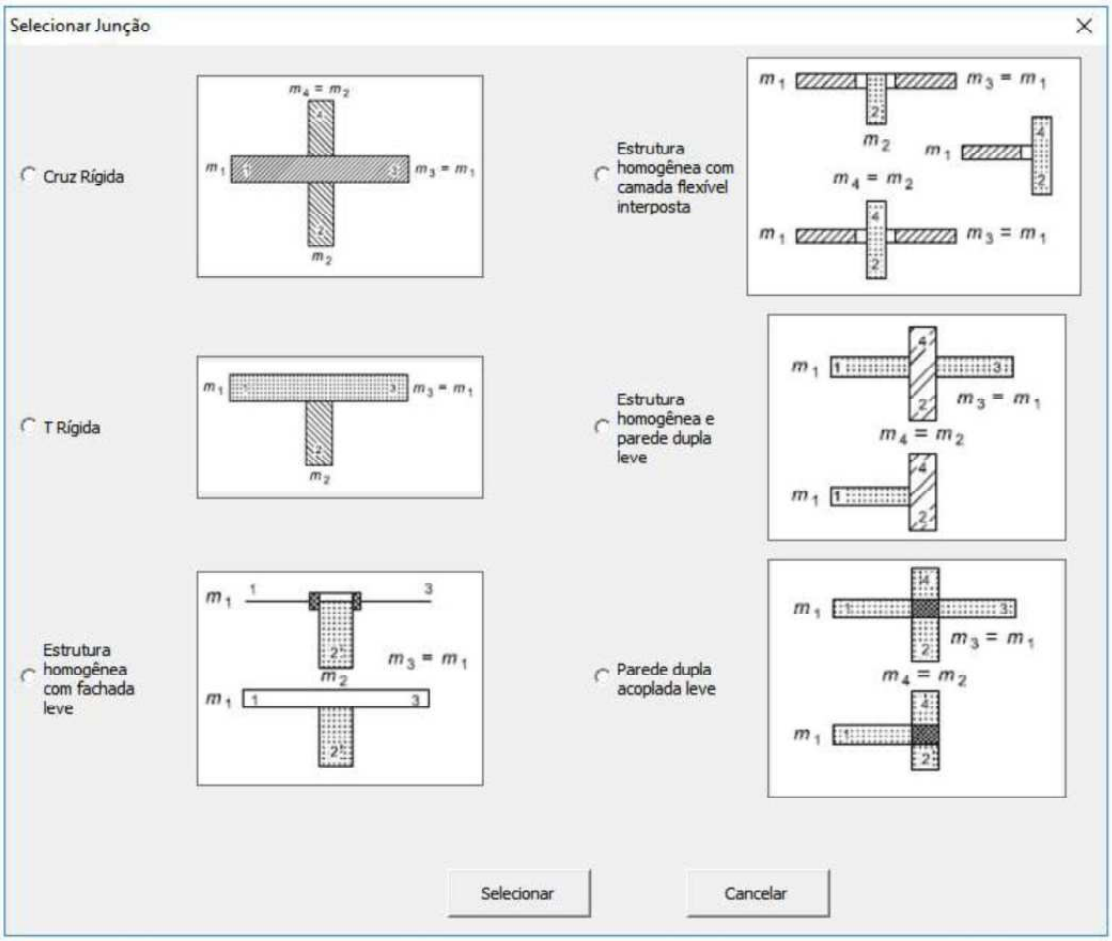
Em seguida, escolhe-se o tipo de junção dos elementos (Figura 4 e 5) para o cálculo do índice de redução de vibrações K dos caminhos de transmissão lateral.

Figura 4 – Junção dos elementos



Fonte: Os autores

Figura 5 – Tipos de juntas

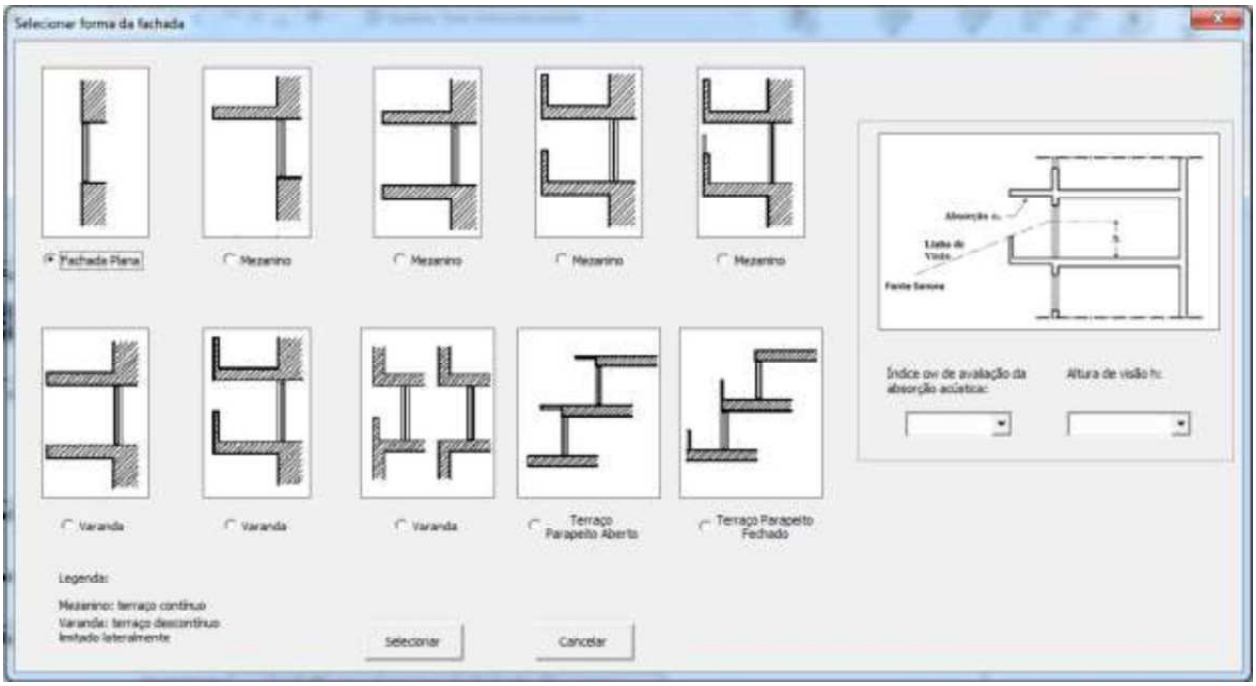


Fonte: Os autores

Por fim, a planilha calcula o índice de redução sonora aparente (R'w) entre os ambientes e a diferença padronizada de nível ponderada (DnTw).

Para fachadas o processo é semelhante com a particularidade de escolher a forma da fachada (Figura 6) e a ligação entre os elementos (rígida ou não conexa) para a correção da transmissão lateral.

Figura 6 – Forma da fachada



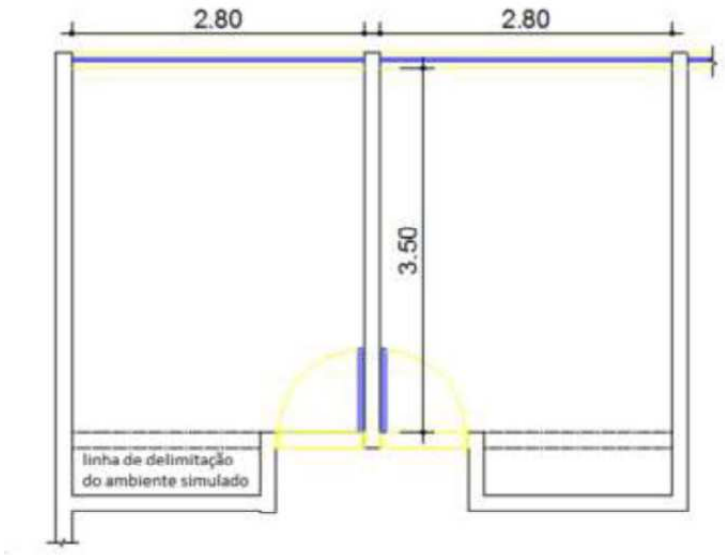
Fonte: Os autores

3.2 Validação da Planilha

3.2.1 Planilha eletrônica

A planilha elaborada e o software NIS são programados para ambientes retangulares. Assim, considerou-se uma parede imaginária da porta até o elemento perpendicular, de forma a obter a área o mais próxima possível do real e sem comprometer o elemento de separação analisado (Figura 7).

Figura 7 – Aproximação realizada



Fonte: Os autores

O índice de redução sonora aparente R'w obtido na planilha foi de 37,3 dB. Já diferença padronizada de nível ponderada (DnT,w) calculado é 36,8 dB.

Para a fachada, tem-se R'w de 31,1dB e diferença padronizada de nível ponderada a dois metros da fachada (D2m,nTw), 31,8 dB.

3.2.2 NIS

O R'w e o DnT,w obtidos no NIS foram de 32 dB para ambos.

Comparando com a planilha, tem-se uma diferença de 5,3 dB para R'w e 4,8 dB para DnT,w, já esperado devido a divergências no equacionamento do R'w.

Além disso, observou-se uma diferença no índice de redução de vibrações (K). A norma européia EN 12354:2000, base do programa NIS, baseia-se em equações mais complexas, dependentes de diversas variáveis, como massa superficial do elemento e frequência sonora O modelo de cálculo da ANIT, por sua vez, apresenta uma simplificação, com o valor de K dependente apenas da massa superficial dos elementos e da forma da junção, contribuindo para a diferença de resultados.

No caso da fachada, o R'w e o D2m,nTw foram de 31,0 dB, variando apenas em 0,1 dB para o R'w e 0,8 dB para o D2m,nTw em relação a planilha de cálculo. Nota-se que os resultados se encontram muito próximos por não depender de tantos fatores.

3.2.3 Monitoramento

Nas medições, foram obtidos a diferença padronizada de nível ponderada por faixa de frequência, o que levou ao número único do isolamento da parede de 42 dB conforme a ISO 717-1.

Observa-se uma diferença de 5,2 dB entre o valor medido *in situ* e o valor calculado pela planilha. Como a medição *in situ* considera todos os caminhos de transmissão do ruído, diferente dos métodos de cálculo que consideram apenas a transmissão marginal primária, é improvável chegar ao resultado medido. Vale lembrar ainda que no início da simulação foram feitas simplificações nas dimensões dos ambientes, o que reflete no resultado final. Outro fator de erro muito comum é a falta de caracterização dos materiais, tornando necessário adotar muitas aproximações. No entanto, acredita-se que a maior dificuldade está no equacionamento das variáveis. Afinal, a propagação do ruído depende de muitos fatores, o que dificulta sua representatividade no equacionamento.

4 CONCLUSÃO

A planilha eletrônica elaborada facilita o cálculo do isolamento de uma divisória, possibilitando uma análise mais rápida do desempenho acústico proporcionado pela mesma.

Comparando os resultados das simulações na planilha com o software NIS e a medição in situ, observa-se uma variação de 4,8 dB e 5,2 dB, respectivamente, para divisória entre ambientes adjacentes e 0,8 dB para fachadas. Essa diferença já era esperada, devido ao uso de aproximações e equações simplificadas. Além disso, há algumas restrições construtivas devido à incompatibilidade de alguns detalhes construtivos com o próprio método de cálculo. Isso ocorre porque não existe ainda um método que abranja de forma global qualquer tipo de geometria dos ambientes.

Outro fator de erro encontrado é a falta de caracterização dos materiais utilizados no Brasil, principalmente em relação à rigidez dinâmica, a qual não foi encontrada em bibliografias nacionais. Sendo assim, os valores adotados são provenientes de ensaios em Portugal e podem variar de acordo com o fabricante. No entanto, a planilha foi programada de modo a possibilitar a expansão manual de materiais, possibilitando um resultado mais preciso.

Como a finalidade da planilha eletrônica é apenas realizar verificações preliminares da capacidade de isolamento de um elemento, pode-se afirmar que os resultados foram satisfatórios e, após a validação de outros casos, poderá ser utilizada para cálculo de isolamento acústico por via aérea na fase de projeto de edificações residenciais.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAZIONE NACIONALE PER L"ISOLAMENTO TERMICO E ACUSTICO. **Manualetto di acustica edilizia**. Itália, 2006.

BARROS, C. P. G.; COSTA, S. B.; OITICICA, M. L. G. R. Avaliação do desempenho acústico de partições verticais em construção seca na cidade de Maceió - AL. XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais**... Campinas, 2015.

DIAS, R. M. A. **Análise comparativa dos métodos normalizados de previsão da transmissão sonora por via aérea**. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

FERREIRA, J. A. C. **Avaliação acústica de residências: resultados medidos e simulados**. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 140-4** - Field measurements of airborne sound insulation between rooms. Genebra, 1998.

_____. **ISO 354** - Acoustics: Measurement of sound absorption in a reverberation room. Genebra, 2003.

_____. **ISO 717-1 –** Airborne sound insulation. Genebra, 1996.

LUCA, C. R. **Desempenho acústico em sistemas Drywall**. Guarulhos: S7 Propaganda, 2011, 23p.

PAIXÃO, D. X. **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando Análise Estatística de Energia (SEA)**. 182f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

RADAVELLI, G. F.; PAUL, S. Isolamento sonoro de parede em light steel frame com placas cimentícias vs. Isolamento sonoro de paredes convencionais. XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais**... Campinas, 2015.