

# ISOLAMENTO ACÚSTICO DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS: UMA ANÁLISE COMPARATIVO ENTRE ENSAIOS DE CAMPO E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Énio Remígio<sup>1</sup>  
Tecomat Engenharia

Otávio Joaquim<sup>2</sup>  
Tecomat Engenharia

Pedro Góis<sup>3</sup>  
Tecomat Engenharia

Angelo Just<sup>4</sup>  
Universidade de Pernambuco

## Resumo

A isolamento sonora das vedações verticais, internas e externas, é uma característica importante a ser considerada no desenvolvimento dos projetos arquitetônicos. Assim, a modelagem computacional, aplicada conforme método de cálculo preconizado nas normas ISO 12354, é uma ferramenta fundamental na predição do isolamento acústico. Contudo, a precisão da modelagem deve ser considerada no desenvolvimento do projeto, uma vez que os parâmetros acústicos adotados na modelagem podem não ser exatamente as mesmas dos materiais utilizados na execução. Assim, este trabalho visa avaliar, comparativamente, analisar resultados de isolamento acústico de vedações verticais internas obtidos por simulação computacional e resultados de ensaio obtidas em campo. Para o estudo foram avaliadas 13 vedações verticais, todas compostas por alvenarias de blocos cerâmicos de furo horizontal (09x19x19cm), revestidas com pasta de gesso ou argamassa cimentícia. Analisando os resultados das diferenças entre os valores obtidos na modelagem e nos ensaios de campo, foi obtido um desvio padrão de 1,22dB. Não sendo obtido, em nenhuma das vedações analisadas, diferenças entre os valores de modelagem e medido em campo maiores que 2dB. Concluindo-se, portanto, que a modelagem computacional configura-se como uma ferramenta confiável e aplicável para especificação das vedações internas na fase de projeto, considerando-se sempre os devidos desvios.

## Palavras-chave

Desempenho acústico. Bloco Cerâmico. Ensaio de Campo. Simulação Computacional.

## Abstract

*The sound insulation of vertical partitions, internal and external, is an important feature to be considered in the development of architectural projects. Thus, computational modeling, applied according to the calculation method recommended in ISO 12354 standards, is a fundamental tool in the prediction of sound insulation. However, the precision of the modeling must be considered when developing the project, since the acoustic parameters adopted in the modeling may not be exactly the same as the materials used in the execution. Therefore, this work aims to comparatively analyze the acoustic insulation results of internal vertical seals obtained by computer simulation and test results obtained in the field. For the study, 13 vertical seals were evaluated, all composed of masonry made of ceramic blocks with a horizontal hole (09x19x19cm), covered with gypsum paste or cementitious mortar. Analyzing the results of the differences between the values obtained in the modeling and in the field tests, a standard deviation of 1.22dB was obtained. In none of the seals analyzed, differences between the modeling and measured values in the field were greater than 2dB. It is therefore concluded that computational modeling is a reliable and applicable tool for specifying internal seals in the design phase, always considering the necessary deviations.*

## Keywords

*Acoustic Performance. Ceramic Block. Field Tests. Computational Simulation.*

---

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, egremigio@gmail.com, Tecomat Engenharia

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Civil, otavio@tecomat.com.br, Tecomat Engenharia

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Civil, pedro@tecomat.com.br, Tecomat Engenharia

<sup>4</sup> Doutor em Engenharia Civil, angelo@tecomat.com.br, Universidade de Pernambuco

## 1. INTRODUÇÃO

O incômodo gerado pelo barulho dos vizinhos é uma realidade que atinge muitos brasileiros e, de acordo com Maschke e Niemann (2007), existe uma relação entre o incômodo muito intenso ocasionado por vizinhanças ruidosas e o diagnóstico de doenças como hipertensão, depressão e enxaqueca. Foram 5101 adultos avaliados residentes de oito cidades europeias. A causa para essa relação não pôde ser provada no estudo, mas é muito provável que o longo tempo de exposição ao barulho dos vizinhos aumente o risco para desenvolver essas doenças.

Segundo Levy-Leboyer e Naturel (1991), os ruídos da vizinhança julgados como mais incômodos são aqueles que se julga não ser normal, os possíveis de evitar, os que ocorrem durante a noite e os julgados como alto. Os autores também afirmam que reações a origem do barulho não parecem estar conectadas com o nível de perturbação vivenciado, mas sim, com o grau de controle ao qual o morador sente sobre a situação e os motivos pelos quais a pessoa está fazendo barulho. Como resultado dessas reações, as diferenças individuais a respeito do isolamento sonoro são grandes, mesmo se a isolação é a mesma.

Procurando criar um padrão que fornecesse uma base para o desempenho das edificações, a ABNT publicou em 2013 a norma de desempenho da edificações NBR 15575 (ABNT, 2013), tornando claro e objetivo o isolamento acústico mínimo para vedações em edificações residenciais. A norma de desempenho estabeleceu também a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{nt,w}$ ) como parâmetro que caracteriza o isolamento acústico ao ruído aéreo de vedações internas, a ser obtido através da realização de teste em campo, conforme métodos de ensaios preconizados nas normas ABNT NBR ISO 16283-1 e ISO 717-1, caracterizando o isolamento global de todo sistema de vedação e suas diversas transmissões sonora.

Apesar da norma brasileira de desempenho estabelecer critérios de campo, ou seja, o isolamento acústico deve ser comprovado após a conclusão da obra, os projetistas precisam delinear sistemas e procedimentos construtivos que promovam o devido isolamento acústico, tratando o problema na origem do projeto. Silva (2014) afirma em sua pesquisa que, dos profissionais que desenvolvem projetos acústicos no Brasil, 20,88% fazem uso de algum software de simulação computacional. A autora considera o valor como um percentual bem expressivo e conduz seu trabalho na utilização de simulações computacionais como método eficaz. Uma de suas constatações é que para o bloco cerâmico comum a diferença máxima entre os ensaios de campo e a modelagem computacional foi de apenas 2dB.

As normas ISO 12354:2017 são modelos de cálculo para estimar o isolamento acústico proporcionado pelos sistemas de vedação que compõe dois ambientes, estas normas foram elaboradas com base nas normas europeias EN 12354:2000. A ISO 12354-1 trata do isolamento acústico a ruído aéreo, enquanto a ISO 12354-2 aborda o isolamento a ruídos de impacto. As normas possuem duas metodologias de cálculo, para o método simplificado serão obtidos valores globais do  $D_{nt,w}$  como resultado, enquanto que para se chegar ao valor global pelo método detalhado é necessário proceder cálculos conforme a norma ISO 717-1, pois os valores obtidos de  $D_{nt}$  se darão em bandas de 1/3 de oitava (ISO 12354:2017).

A precisão dos modelos de cálculo propostos pelas ISO 12354 é dependente dos dados de entrada, parâmetros como geometria dos modelos, características dos materiais construtivos, precisão dos ensaios de campo, transmissão marginal, entre outros. Tipos de elementos construtivos e suas junções impactam de forma diferente com relação a sua complexidade. Assim, sistemas considerados homogêneos, como paredes simples de alvenaria, tem variação de 2dB esperada para o resultado do valor global, enquanto sistemas mais complexos como paredes duplas ou leves, por exemplo, apontam uma margem de 4dB em relação aos resultados de campo (ISO 12354:2017). Estudos realizados por Ferreira et al (2007) mostram que a predição do isolamento acústico, adotando as premissas estabelecidas na ISO 12354, apresenta bons resultados quando comparado com as medições in loco, desde que as propriedades dos materiais sejam similares ao simulado. Para isso, é fundamental que as vedações testadas em laboratório tenham suas propriedades acústicas, físicas e mecânicas bem definidas.

No entanto, os softwares comercializados no Brasil para predição do isolamento acústico possuem, em sua maioria, um banco de dados com sistemas construtivos utilizados na Europa e Estados Unidos. Pesquisa realizada por Silva (2014) com o software SONarchitect mostram que é essencial para os projetistas brasileiros a criação de seu próprio banco de dados, surgindo outra limitação – as propriedades dos materiais utilizados no Brasil, que são obtidos em laboratório.

O presente trabalho investigará um tipo de solução homogênea, como assim considera a ISO 12354, alvenaria em bloco cerâmico de furo horizontal (09x19x19cm), a fim de comparar os resultados entre o método detalhado de cálculo e o resultados obtidos in loco. Tendo em vista que as obras possuem um baixo controle de qualidade dos materiais e da execução das vedações, fatores não previstos na modelagem podem interferir na precisão dos resultados.

## 2. OBJETIVO

Esse artigo tem como objetivo comparar os resultados de simulação computacional com ensaios de campo, a respeito do isolamento acústico ao ruído aéreo promovido pela vedação vertical interna (VVI) em 13 situações, nas quais foi empregado como elemento estruturante o bloco cerâmico de 8 furos horizontais (09x19x19cm), a fim de estabelecer um desvio padrão entre os dois métodos de análise para esse tipo de vedação.

## 3. MÉTODO

O processo de construção desse artigo foi distribuído em quatro etapas, sendo estas:

1. Descrição dos ambientes e dos sistemas de vedação estudados;
2. Análise dos ensaios de campo, na qual verificou-se a metodologia empregada e os equipamentos utilizados;
3. Simulação computacional, para qual desenvolveu-se a modelagem dos ambientes ensaiados a partir da utilização dos softwares SONarchitect, AutoCAD e INSUL;
4. Cálculo do desvio padrão entre os métodos após a compilação dos resultados.

### 3.1. Descrição dos ambientes

Visando elucidar melhor os ambientes a serem estudados e para obtenção de dados necessários à modelagem, foi feita a descrição dos materiais utilizados nos sistemas de vedação (horizontal e vertical). Também utilizou-se da ferramenta AutoCAD e das plantas de projeto para descrição de informações como altura do pé esquerdo e dimensão dos ambientes e das vedações.

A característica dos 13 sistemas de vedação analisados neste trabalho são descritos no Quadro 1, salientando que o sistema estruturante em todas as situações analisadas é o bloco cerâmico de furo horizontal (09x19x19). Já a Tabela 1 descreve as dimensões dos ambientes e vedações verticais.

Quadro 1 – Descrição dos Sistemas de Vedação

Situação	Revestimento da VVI	Descrição da vedação horizontal
1	Pasta de gesso (Espessura de 15mm em cada face)	Revestimento cerâmico + Contrapiso (30mm) + Laje nervurada (Capeamento de 50mm) + Espaço de ar (100mm) + Forro de gesso
2	Pasta de gesso (Espessura de 15mm em cada face)	Revestimento cerâmico + Contrapiso (30mm) + Laje nervurada (Capeamento de 50mm) + Espaço de ar (150mm) + Forro de gesso
3	Pasta de gesso (Espessura de 15mm em cada face)	Revestimento cerâmico + Contrapiso (20mm) + Laje nervurada (Capeamento de 50mm) + Espaço de ar (150mm) + Forro de gesso
4	Pasta de gesso (Espessura de 15mm em cada face)	Revestimento cerâmico + Contrapiso (30mm) + Laje nervurada (Capeamento de 50mm) + Espaço de ar (180mm) + Forro de gesso

5	Pasta de gesso (Espessura de 15mm em cada face)	Revestimento cerâmico + Contrapiso (50mm) +Laje nervurada (Capeamento de 50mm) + Espaço de ar (240mm) + Forro de gesso
6	Argamassa cimentícia (Espessura de 15mm em cada face)	Revestimento cerâmico + Contrapiso (50mm) +Laje nervurada (Capeamento de 60mm) + Espaço de ar (100mm) + Forro de gesso
7	Argamassa cimentícia (Espessura de 20mm em cada face)	Revestimento cerâmico + Contrapiso (65mm) +Laje nervurada (Capeamento de 60mm) + Espaço de ar (120mm) + Forro de gesso
8	Argamassa cimentícia (Espessura de 20mm em cada face)	Revestimento cerâmico + Contrapiso (40mm) +Laje alveolar (Capeamento de 75mm) + Espaço de ar (100mm) + Forro de gesso
9	Pasta de gesso (Espessura de 10mm em cada face)	Revestimento cerâmico + Contrapiso (45mm) +Laje nervurada (Capeamento de 70mm) + Espaço de ar (200mm) + Forro de gesso
10	Pasta de gesso (Espessura de 10mm em cada face)	Revestimento cerâmico + Contrapiso (45mm) +Laje nervurada (Capeamento de 70mm) + Espaço de ar (200mm) + Forro de gesso
11	Pasta de gesso (Espessura de 10mm em cada face)	Revestimento cerâmico + Contrapiso (45mm) +Laje nervurada (Capeamento de 70mm) + Espaço de ar (200mm) + Forro de gesso
12	Argamassa cimentícia (Espessura de 20mm em cada face)	Revestimento cerâmico + Contrapiso (35mm) +Laje treliçada (Capeamento de 60mm) + Pasta de gesso (10mm)
13	Argamassa cimentícia (Espessura de 20mm em cada face)	Revestimento cerâmico + Contrapiso (35mm) +Laje treliçada (Capeamento de 60mm) + Pasta de gesso (10mm)

Fonte: O autor (2020)

Tabela 1– Dimensão dos ambientes estudados

Situação	Altura de pé esquerdo (m)	Volume do ambiente de emissão (m <sup>3</sup> )	Volume do ambiente de recepção (m <sup>3</sup> )	Comprimento da vedação analisadas (m)
1	3,00	103,92	103,92	6,67
2	2,88	84,34	84,34	8,01
3	3,00	84,03	84,03	4,92
4	3,00	83,90	83,90	6,90
5	3,00	46,97	83,08	5,00
6	2,89	57,27	63,64	5,65
7	3,00	180,00	180,00	4,63
8	3,04	67,78	61,73	4,80
9	3,00	115,45	115,45	8,57
10	3,00	48,37	48,37	5,27
11	3,00	48,37	48,37	5,27
12	2,60	56,10	56,10	3,95
13	2,60	56,10	56,10	3,95

### 3.2. Simulação computacional

Para as simulações computacionais foram utilizados os softwares AutoCAD, INSUL e SONarchitect, este último, o principal para o cálculo do isolamento. O AutoCAD, útil na primeira etapa do processo, foi o software que funcionou como ferramenta para o desenho, o INSUL foi necessário para o cálculo do Índice de Redução Sonora ( $R_w$ ) dos sistemas de vedação que compõe a edificação, e por fim, os cálculos referentes ao isolamento acústico foram efetuados com o SONarchitect, software desenvolvido com a base de cálculo proposta na ISO 12354 e com interface gráfica que permite a modelagem do objeto em análise.

O processo para simulação pode ser dividido nas seguintes etapas:

1. Com a utilização do software AutoCAD e a planta baixa do pavimento ao qual o ambiente pertence, traça-se uma linha no eixo de cada parede, a fim de simplificar o desenho dessa planta. Esta consistirá em um novo desenho, em formato de arquivo dxf, contendo apenas as vedações verticais, internas e externas;
2. Através do software INSUL são obtidas as propriedades acústicas dos sistemas construtivos a serem utilizados na modelagem, sendo obtidos parâmetros como Índice de Isolação Sonora ( $R_w$ ) e frequência crítica ( $F_c$ ) dos sistemas de vedação;
3. As características dos materiais, obtidas no INSUL, são então implementados no SONarchitect, sendo esses, juntamente com as características do projeto, os dados de entrada da modelagem. O processo de caracterização é de grande importância, pois os dados de entrada têm influência na precisão dos resultados. Entretanto, existe uma escassez quanto a obtenção de dados laboratoriais dos materiais de construção brasileiros. Os parâmetros para caracterização utilizados foram então obtidos pelo banco de dados do INSUL e através de referências bibliográficas como o Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575 – Desempenho de Edificações Habitacionais (CBIC, 2013) e a Tese Nível de Conforto Acústico: Uma Proposta Para Edifícios Residenciais (NETO, 2009).
4. A modelagem computacional do empreendimento é feita no SONarchitect, iniciando-se com o desenho da planta baixa “simplificada” e posteriormente, inserindo os demais inputs, como a altura de pé esquerdo e os materiais criados que compõe a edificação.
5. Após a inserção de todos os dados, o software calcula e fornece os resultados de isolamento acústico detalhado para cada recinto, vedação, flanco e caminho de transmissão, porém nos atentaremos nesse estudo a somente ao valor global da isolamento das vedações internas.

Neste estudo foi considerado, para todas as situações analisadas, as propriedades dos materiais descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela Densidade dos Materiais

Material	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de elasticidade (Gpa)	Fator de perda
Bloco cerâmico (09x19x19cm)	616	10	0,006
Argamassa cimentícia	1600	30	0,003
Pasta de gesso	1100	30	0,010
Concreto armado	2500	30	0,010
Forno de gesso	900	8	0,006
Placa cerâmica	1800	5	0,001

A modelagem computacional no SONarchitect, diferente de modelos simplificados, caracteriza todas as transmissões possíveis de ocorrer na edificação como um todo, inclusive a transmissão entre pavimentos. A Figura 1 e a Figura 2 ilustram, respectivamente, a modelagem da edificação e a análise dos ambientes.

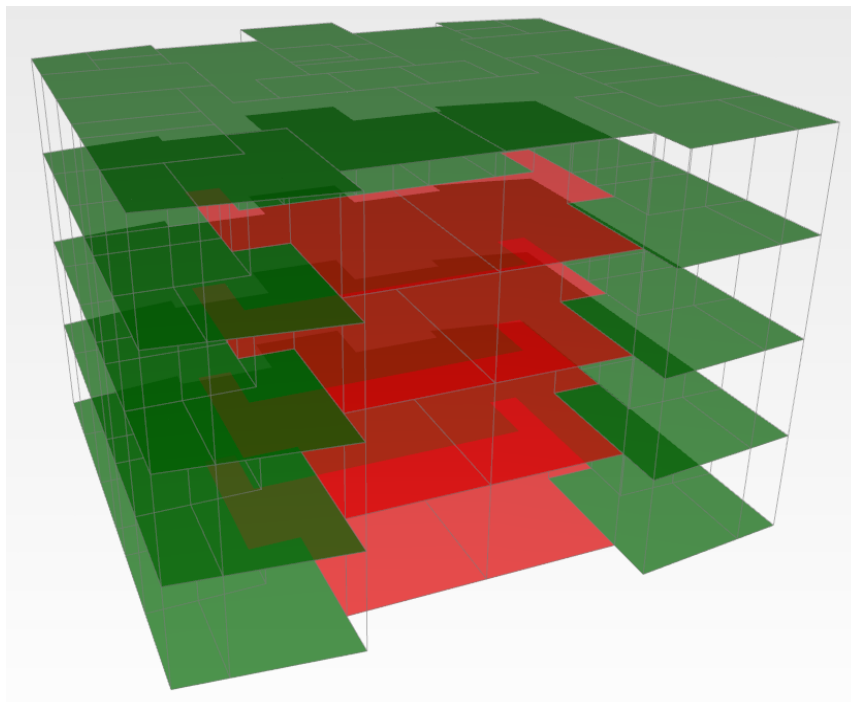


Figura 1 – Modelagem no SONarchitect: Edifício completo  
Fonte: O autor (2020)

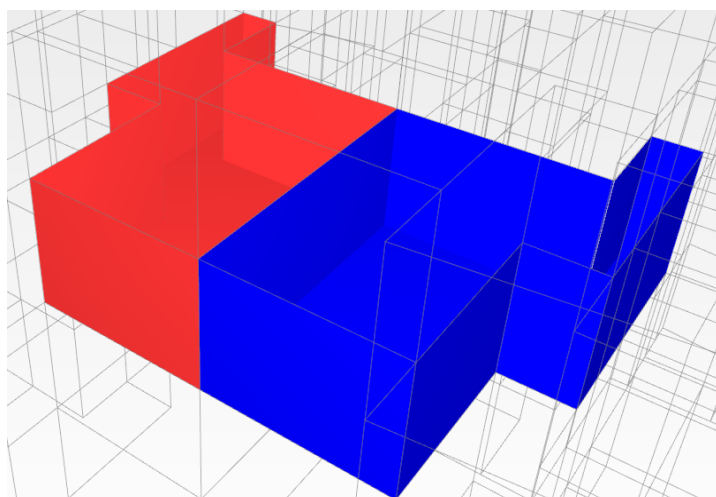


Figura 2 – Modelagem no SONarchitect: Análise entre ambientes  
Fonte: O autor (2020)

### 3.3. Ensaio de campo

A norma NBR 15575 (ABNT, 2013) orienta que os ensaios de isolamento acústico ao ruído aéreo, promovido por vedações verticais internas, sejam realizados de acordo com os procedimentos descritos na ABNT NBR ISO 16283-1, obtendo-se como resultado final a Diferença Padronizada de Nível ( $D_{nT}$ ) por faixa de frequência, em bandas de 1/3 de oitava, sendo então aplicado o procedimento de cálculo proposto na ISO 717-1 para obtenção do valor global da isolamento ponderado ( $D_{nT,w}$ ).

A Figura 3 e a Figura 4 ilustram, respectivamente, os procedimentos de emissão e recepção do nível de pressão sonora, utilizados para obtenção da Diferença Padronizada de Nível.

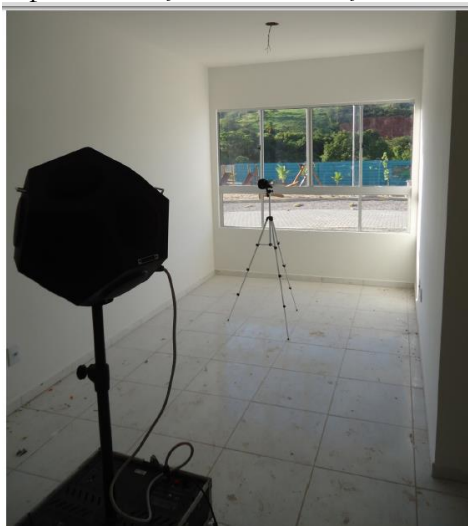


Figura 3 – Medição do Nível de pressão sonora no ambiente de emissão  
Fonte: O autor (2020)



Figura 4 – Medição do Nível de pressão sonora no ambiente de recepção  
Fonte: O autor (2020)

Os equipamentos utilizados na realização dos ensaios seguiram as orientações preconizadas na ABNT NBR ISO 16283-1, e estão descritos no Quadro 2:

Quadro 2 – Instrumentos utilizados nos ensaios de campo

Equipamentos	Fabricante
Medidor de Nível de Pressão Sonora (Sonômetro) – Classe 1	01dB
Calibrador Acústico – Classe 1	01dB
Dodecaedro (Omni-12)	01dB
Amplificador	01dB
Software dBBati	01dB

Fonte: O autor (2020)

### 3.4. Cálculo do desvio padrão

Obtidos os resultados simulados, ou seja, obtidos com o software SONarchitect, e os resultados dos ensaios realizados em campo, a análise se dará por uma comparação direta entre os métodos. A diferença entre os valores de  $D_{nT,w}$  obtidos em campo e obtidos por simulação computacional será denominada  $\Delta D_{nT,w}$  ( $\Delta D_{nT,w} = D_{nT,w-Campo} - D_{nT,w-Simulação}$ ). A partir dos valores do  $\Delta D_{nT,w}$  serão calculados os desvios padrão entre os métodos. Após essa primeira análise, caso seja observada a possibilidade de novos cálculos, a partir de cenários mais restritivos, será recalculado o grau de dispersão do novo conjunto.

## 4. RESULTADOS

Os resultados obtidos após modelagem computacional e os resultados obtidos in loco com ensaios de campo são aqui apresentados, analisados e comparados. Sendo obtido ao final uma avaliação comparativa em termos de desvio padrão da diferença entre os resultados de campo e simulados.

A Tabela 3 apresenta os resultados de isolamento acústico, em termos da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{nT,w}$ ), obtidos na modelagem computacional e nos ensaios realizados em campo para cada sistema construtivo analisado.

Tabela 3– Ensaios de campo

Situação	Sistema de vedação	$D_{nT,w}$ - Campo (dB)	$D_{nT,w}$ - Simulação (dB)
1	Bloco cerâmico de vedação (09x19x19) com revestimento em pasta de gesso (15mm)	38	38
2	Bloco cerâmico de vedação (09x19x19) com revestimento em pasta de gesso (15mm)	36	37
3	Bloco cerâmico de vedação (09x19x19) com revestimento em pasta de gesso (15mm)	36	38
4	Bloco cerâmico de vedação (09x19x19) com revestimento em pasta de gesso (15mm)	36	37
5	Bloco cerâmico de vedação (09x19x19) com revestimento em pasta de gesso (15mm)	38	36
6	Bloco cerâmico de vedação (09x19x19) com revestimento em argamassa cimentícia (15mm)	38	38
7	Bloco cerâmico de vedação (09x19x19) com revestimento em argamassa cimentícia (20mm)	44	43
8	Bloco cerâmico de vedação (09x19x19) com revestimento em argamassa cimentícia (20mm)	41	40
9	Bloco cerâmico de vedação (09x19x19) com revestimento em pasta de gesso (10mm)	38	38
10	Bloco cerâmico de vedação (09x19x19) com revestimento em pasta de gesso (10mm)	36	36
11	Bloco cerâmico de vedação (09x19x19) com revestimento em pasta de gesso (10mm)	35	36
12	Bloco cerâmico de vedação (09x19x19) com revestimento em argamassa cimentícia (20mm)	42	40
13	Bloco cerâmico de vedação (09x19x19) com revestimento em argamassa cimentícia (20mm)	39	40

Fonte: O autor (2020)

### 4.1. Cálculo do desvio padrão e análise dos resultados

Diante dos resultados dos métodos de análise, foi possível encontrar a diferença entre ambos e, a partir disso, calcular o desvio padrão entre eles. A Tabela 4 apresenta os valores para  $\Delta D_{nT,w}$  em decibéis.



Tabela 4 –  $\Delta D_{nT,w}$ 

Situação	$D_{nT,w}$ -Campo (dB)	$D_{nT,w}$ -Simulação (dB)	$\Delta D_{nT,w}$ (dB)
1	38	38	0
2	36	37	+1
3	36	38	+2
4	36	37	+1
5	38	36	-2
6	38	38	0
7	44	43	-1
8	41	40	-1
9	38	38	0
10	36	36	0
11	35	36	+1
12	42	40	-2
13	39	40	+1

Fonte: O autor (2020)

O desvio padrão médio das diferenças entre os métodos é de aproximadamente 1,22dB, abaixo do indicado na ISO 12354, que é de 2dB. Mostrando assim que os sistemas construtivo estruturados com alvenaria de bloco cerâmico podem ser considerados cenários de baixa complexidade.

Em todas 13 situações analisadas a diferença entre os valores simulados e os resultados obtidos em campo não ultrapassaram 2dB, para mais ou para menos. Mostrando que, mesmo com o baixo controle das propriedades dos materiais empregados na construção das paredes, o modelo utilizado promove erros/desvios que não ultrapassam 2dB.

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho visou estabelecer uma relação entre resultados obtidos por simulação computacional e os resultados obtidos em ensaio de campo, mostrando a confiabilidade da simulação computacional quando utilizado o software SONarchitect, baseado na ISO 12354, e a incerteza característica dos sistemas construtivos quando empregado o bloco cerâmico de furo horizontal como elemento estruturante.

O aprimoramento da análise em projeto é fundamental para obtenção de resultados mais confiáveis e precisos, oferecendo ao construtor maior confiabilidade no desempenho. Para isso o controle dos materiais a serem utilizados na construção das paredes é fundamental, pois utilizar blocos que, por exemplo, possuam menor densidade que o aplicado na modelagem pode reduzir o isolamento da vedação.

Nas 13 situações estudadas a diferença de 2dB (para mais ou para menos) que é indicada na ISO 12354 foi atendida. Mostrando que a simulação computacional é uma ferramenta confiável para análise de projetos e pode ser utilizada com segurança.

A aplicação de softwares de simulação na predição do isolamento acústico vem sendo bastante utilizado por projetistas e arquitetos, mostrando a importância de definição dos sistemas construtivos ainda na fase de ante-projeto, uma vez que impacta diretamente na dimensão das paredes e piso, e conseqüentemente na área dos ambientes.

A amostragem de 13 situações ainda é relativamente baixa para uma análise estatística complexa, mas norteia novos trabalhos, seja com materiais homogêneos, como os blocos cerâmicos e de concreto, ou com materiais não homogêneos, caso das paredes duplas e do sistema drywall.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575 – Desempenho de Edificações Habitacionais** - Brasília, 2013.

FERREIRA, José Augusto coelho; Zannin, Paulo Henrique Trombetta. **Determinação de coeficientes de isolamento acústico: medições in situ e simulação computacional** – Ambiente Construído – V.7, N.2, 15-29 - 2007.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 12354-1:2017**: Building Acoustics – Estimation of Acoustic Performance of Building from the Performance of Elements. Part 1: Airborne Sound Insulation between rooms. 2017

\_\_\_\_\_. **ISO 140-4:1998**: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms.

\_\_\_\_\_. **ISO 717-1:2006**: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 1: Airborne sound insulation – Swiss,2006.

\_\_\_\_\_. **ISO 16283-1:2014**: Acoustics – Field measurement of sound insulation in building and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation – Geneva, 2014.

LEVY-LEBOYER, Claude; NATUREL, Veronique. **Neighbourhood Noise Annoyance** – Journal of Environmental Psychology - 11:75-86 – 1991.

MASCHKE, Christian; NIEMANN, Hildegard. **Health Effects of Annoyance Induced by Neighbour Noise** – Noise Control Engineering Journal - 55(3):348-56 - 2007.

NETO, Maria de Fátima Ferreira. **Nível de Conforto Acústico: Uma proposta para edifícios Residenciais** - Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

SILVA, Renata Costa. **Avaliação de ferramenta de simulação da transmissão sonora para projetos de isolamento acústico em edificações habitacionais** – Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.