



## DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS: MÉTODOS DE SIMULAÇÃO E ENSAIOS DE CAMPO

**MELO, Maria das Graças Monteiro Almeida de**  
UNIFAVIP/Wyden, e-mail: mariadasgracasmonteiro@hotmail.com  
**ANDRADE, Fábila Kamilly Gomes de**  
UNIFAVIP/Wyden, e-mail: fabiakamilly@hotmail.com

### RESUMO

Decorrente da criação da Norma de Desempenho, muitos projetistas têm utilizado as simulações computacionais para realizarem a análise acústica de maneira prévia. O trabalho de conclusão de curso que precede este teve como objetivo comparar os resultados dos ensaios de campo e das simulações computacionais para a avaliação da Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada ( $D_{2m,nt,w}$ ). A metodologia contempla a comparação de 18 ensaios de campo realizados em paredes de vedação de fachada de edifícios residenciais da região metropolitana do Recife, conforme a literatura de referência, e as simulações com o software Cypecad Mep 2016. Os resultados mostram que apenas 11,11% das paredes foram aprovadas pelos ensaios de campo; enquanto 100% das paredes teriam atingido os critérios mínimos especificados pelas simulações. É possível concluir que os resultados das simulações foram sempre maiores que os resultados dos ensaios de campo para o  $D_{2m,nt,w}$ . Da comparação dos resultados, foi obtido que a discrepância variou de 7 a 14 dB. O valor médio desta discrepância representa um fator de correlação igual a 0,67 a ser aplicado nas simulações para que os mesmos fiquem em similaridade com os resultados dos ensaios de campo.

**Palavras-chave:** Desempenho acústico, Simulações, Ensaios de campo.

### ABSTRACT

*Due to the creation of the Performance Standard, many designers have used computational simulations for realize previous acoustic analysis. The objective of this work was to compare the results of the field tests and the computational simulations in relation to Standardized Weighted Level Difference 2 m away from the facade ( $D_{2m,nt,w}$ ). The methodology has get to the comparison between 18 field tests realized in façade walls of buildings in Recife around, according to the literature reference, and the simulations with the software Cypecad Mep 2016. The results present that only 11,11% of walls were approved through the field tests; however, 100% of walls reached to the minimum criteria through to the simulations. It's possible to close that the simulation results only were the biggest that field tests results for  $D_{2m,nt,w}$ . From the comparison of results, It was obtained that the discrepancy found ranged from 7 to 14 dB. The medium value of this discrepancy presents a correlation factor equal to 0.67 that should be applied in the simulations for match with field tests results.*

**Keywords:** Acoustics performance, Simulations, Field tests.

## 1 INTRODUÇÃO

O ruído como agente da poluição sonora afeta o conforto dos seres humanos em muitas cidades e pode ser causador ou catalisador de várias doenças. Assim, diversos estudos têm avaliado a relação de doenças específicas com a poluição sonora. Segundo Van Kempen e Babisch (2012), populações expostas ao ruído de tráfego tem um pequeno aumento no risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares como a hipertensão. Auger et al. (2018) sugerem que as mulheres expostas à poluição sonora têm maiores chances de apresentarem quadro de pré-eclâmpsia durante a gestação. Já Jafari et al. (2019) concluíram que a exposição duradoura ao ruído desregula o sistema neuroendócrino; além do estresse causado pela poluição sonora mostrar uma relação com a doença de Alzheimer.

Além de malefícios a saúde, o ruído de tráfego pode influenciar os preços de empreendimentos imobiliários, como estudou Szczepanska et al. (2015), que concluíram que a poluição sonora é uma determinante na valorização ou desvalorização do imóvel na Polônia. Já de acordo com Ottoz et al. (2018), as cidades europeias foram afetadas por um tipo específico de poluição sonora advinda de atividades recreativas, em geral, no período noturno nos centros das cidades. Os entrevistados neste estudo relataram que o ruído afeta o sono, a vida cotidiana e a saúde, ressaltando-se ainda a desvalorização e o desprendimento de custos imobiliários para reduzir o problema observado, da poluição sonora.

A poluição sonora resulta da emissão de variadas fontes de ruído, como as atividades do comércio, das indústrias, da construção civil, das escolas e do tráfego de veículos, sendo esse último o mais nocivo e de mais difícil controle (SURIANO et al., 2015). De acordo com Ning et al. (2019), um dos principais empecilhos na atualidade para o desenvolvimento sustentável no setor da construção é a poluição sonora resultante de suas atividades.

Com esta problemática, para reduzir o desconforto provocado pela demasiada emissão sonora, tanto externa como interna propagada sobre as edificações habitacionais, a Norma de Desempenho Brasileira, NBR 15.575 (ABNT, 2013), aborda métodos necessários para a avaliação acústica da edificação, bem como os seus critérios de aprovação, visando garantir as condições mínimas de conforto ao usuário.

Alguns projetistas e profissionais do ramo da construção civil têm se aproveitado dos benefícios ofertados pelos softwares do conceito BIM, não sendo diferente no que tange as simulações. Um desses softwares do conceito BIM que permite realizar as simulações acústicas é o CypeCad Mep.

Segundo González e Figueira (2011), o software CypeCad Mep possibilita a utilização do método de Sabine, para o estudo acústico, bem como do método estimativo lei da massa, do método do invariante e da norma EN 12354, além da introdução de valores de ensaio. Já as transmissões marginais são calculadas de acordo com o método apresentado na norma EN 12354.

Tomou-se como objetivo deste artigo comparar distintos métodos de análise acústica de fachadas, o método de ensaio de campo, com base na NBR 15.575 (ABNT, 2013) e o método da simulação computacional através do software Cypecad Mep.

A hipótese que norteia este estudo é de que as simulações com o software CypeCad Mep resulte em valores do parâmetro acústico avaliado, a Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada ( $D_{2m,nt,w}$ ), superiores aos medidos nos ensaios de campo, uma vez que falhas construtivas influenciam no isolamento sonoro e não podem ser analisadas pelo software. Foi comprovado no estudo do software Bastian (software de simulações acústicas), que este confere uma discrepância em torno de 3 dB quando comparado aos resultados dos ensaios de campo (FERREIRA; ZANNIN, 2007).

Justifica este estudo a investigação se a medida de avaliação com as simulações computacionais, fornecem dados próximos a realidade. Evidenciando assim a utilização deste método para a avaliação ao cumprimento da norma de desempenho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO

Yu e Kang (2011), no estudo acerca da sustentabilidade acústica em áreas residenciais urbanas, confirmaram que a acústica deve ser uma consideração essencial no desenvolvimento sustentável, principalmente em áreas residenciais urbanas. A partir desta problemática, os autores sugerem que sejam criados e desenvolvidos ambientes acústicos sustentáveis em áreas residenciais urbanas.

Segundo Wang e Mynors (2016), o desempenho acústico dos pisos e paredes dos edifícios é uma consideração de grande importância, devendo atingir certos valores de isolamento sonoro exigido pelos regulamentos de construção.

Conforme Vallée et al. (2017), estudos atuais têm focado no desempenho energético de edifícios, e por isso, estes autores buscaram otimizar o desempenho energético e acústico referente ao isolamento de fachadas. A metodologia utilizada pelos mesmos combina os softwares de simulação TRNSYS e GenOpt para a otimização energética e o Matlab para avaliar os índices de isolamento acústico. A metodologia proposta permitiu separar várias soluções de *design* que cumprem os requisitos em termos de energia, custo e desempenho acústico.

Park e Lee (2019), estudando o ruído de impacto em edifícios residenciais de múltiplos pavimentos, concluíram que os residentes que vivem em edifícios com níveis mais elevados de ruído aéreo relataram maior sensibilidade ao ruído de impacto, aborrecimento e raiva. Sugerindo que aqueles que foram expostos a níveis mais elevados de ruído ambiental aéreo tem maior sensibilidade ao ruído de impacto, o que conseqüentemente os levou a perceber maior aborrecimento e raiva em relação ao ruído interno no geral.

Eldakdoky e Elkhateeb (2017) avaliaram a inteligibilidade de fala em dois auditórios, utilizando medições de campo e simulação digital. Por fim, concluíram que os resultados indicam que o software TOcatt exagera o valor do  $T_{opt}$  (tempo de reverberação) em todas as frequências.

Em estudo conforme Camara et al. (2018), o desempenho acústico de edifícios localizados nas proximidades de aeroportos foi avaliado. Os autores se basearam em visitas, investigações e medições acústicas de campo. As investigações foram realizadas através de questionários encaminhados aos

habitantes e entrevistas com especialistas envolvidos em projetos de construção. Medições em campo dos níveis de pressão sonora foram aferidos, dentro e fora dos edifícios. Os resultados demonstram que as paredes não têm desempenho acústico adequado para um edifício que se localiza nas proximidades de um aeroporto. Por fim, os autores sugerem que os resultados sejam consolidados mediante análise dos dados com um software de simulação.

Wang et al. (2015) analisaram o desempenho acústico de uma varanda localizada às margens de uma estrada. Assim, propuseram um novo tratamento do teto baseado na impedância superficial não homogênea. Esta impedância (dita como a dificuldade imposta pelo material à passagem do som) não uniforme altera o comportamento das ondas, modificando a direção do fluxo de energia para longe da região de uma sacada, a medida que ela reflete no teto. Chegaram a concluir que o teto não homogêneo melhorou com sucesso o efeito de proteção de uma varanda e guiou o fluxo de energia para longe da fachada do prédio.

Sobre a norma Desempenho Brasileira, NBR 15.575: Edificações Habitacionais — Desempenho de 2013, esta não se aplica a edificações concluídas ou em andamento na data de entrada em vigor da mesma, não se aplicando também a obras de reforma, retrofit e edificações provisórias (ABNT, 2013).

Conforme ABNT (2013), a NBR 15575/2013 é composta por seis partes documentadas separadamente, onde os aspectos acústicos estão inclusos nas partes 3, 4, 5 e 6. A NBR 15575-4 aborda os requisitos e critérios para a verificação do isolamento acústico entre o meio externo e o interno, entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns. Sendo esta quarta parte da norma, a parte que norteia as avaliações das vedações verticais externas e determina que as medições sejam efetuadas de acordo com a ISO 10140-2, ISO 717-1, ISO 140-4 e ISO 140-5. Ressalta-se que a norma de desempenho brasileira se encontra em processo de revisão, sendo esta atualização também fomentada pela adequação das referências normativas, uma vez que a ISO 140-4 e 140-5 foram substituídas pela ISO 16283-1 e ISO 16283-3.

### **3 METODOLOGIA**

Conforme já mencionado, o presente trabalho comparou os resultados de campo obtido em literatura de referência (ANDRADE, 2017) e as simulações computacionais realizadas com o software CypeCad Mep 2016.

Andrade (2017) tomou como amostra 15 edifícios residenciais de múltiplos pavimentos, localizados na Região Metropolitana do Recife de distintas construtoras, cujos elementos de vedação vertical foram compostos pelos seguintes materiais: tijolo cerâmico vazado de 8 furos de vedação, bloco cerâmico de vedação racionalizada, bloco de concreto de vedação e bloco de gesso de vedação. Neste trabalho, totalizaram 22 paredes de fachada ensaiadas.

A amostra utilizada para o desenvolvimento das simulações contempla apenas 18 paredes de fachada das ensaiadas por Andrade (2017). Esta quantidade de amostras foi determinada pela possibilidade de simulação do modelo arquitetônico, onde outras 4 vedações não possibilitaram simulações

fidedignos por não terem esquadrias compatíveis com as disponíveis no software, sendo assim desprezadas para efeito de avaliação.

Segundo Andrade (2017), os ensaios foram realizados de acordo com a norma ISO 16283-1:2014, em substituição as normas ISO 140-4 e ISO 140-5 apontadas pela norma de desempenho. O equipamento de medição utilizado é constituído pelo medidor de nível de pressão sonora, apresentado na Figura 1, ou microfone, o calibrador, a fonte emissora de ruído omnidirecional e o software dBbati 01 Db.



**Figura 1- Medidor de nível de pressão sonora e fonte de ruído -**  
Fonte: ANDRADE (2017)



**Figura 2 – Coleta do ruído de emissão no ensaio da vedação externo no 1º pavimento -**  
Fonte: ANDRADE (2017)



**Figura 3 – Coleta dos ruídos de fundo e de recepção para o ensaio na vedação externa -**

Fonte: ANDRADE (2017)

O procedimento de ensaio de campo é feito com a fonte emissora posicionada no ambiente externo do pavimento térreo com o mínimo de 2 m de distância entre o instrumento e a parede ensaiada. O microfone é locado a 2 m da vedação no ambiente externo. Coleta-se o ruído de emissão, Figura 2 durante 30 s com a fonte emissora de ruído ligada. Após isso, o microfone é locado dentro do dormitório com as esquadrias fechadas sobre um tripé, a fim de coletar o ruído de fundo, Figura 3, durante 30 s (fonte desligada) e de recepção durante mais 30 s (fonte ligada) sobre cada um dos 3 pontos de leitura no ambiente. Posteriormente, a fonte é locada dentro do dormitório e são obtidos os 2 tempos de reverberação (ANDRADE, 2017).

**Tabela 1 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa ( $D_{2m,nt,w}$ ) 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.	$\geq 20$	M
		$\geq 25$	I
		$\geq 30$	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	$\geq 25$	M
		$\geq 30$	I
		$\geq 35$	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	$\geq 30$	M
		$\geq 35$	I
		$\geq 40$	S

Fonte: NBR 15575-4 (ABNT, 2013), adaptada pelos autores

Tabela 2 – Caracterização das fachadas

Referência da vedação	Vedo	Revestimento	Espessura Total (cm)	Dimensões: Esquadria/peitoril (cm)
E1	Bloco cerâmico- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (8.5 cm)	17.5	$\frac{120 \times 120}{105}$
E2	Bloco cerâmico- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (6.2 cm)	15.2	$\frac{120 \times 120}{105}$
E3	Bloco cerâmico- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (3.4 cm)	12.4	$\frac{120 \times 120}{105}$
E4	Bloco cerâmico- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (10.5 cm)	19.5	$\frac{120 \times 117}{100}$
E5	Bloco cerâmico- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (10.8 cm)	19.8	$\frac{120 \times 117}{100}$
E6	Bloco de concreto- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (7.7 cm)	16.7	$\frac{180 \times 110}{110}$
E7	Bloco cerâmico- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (7.0 cm)	16	$\frac{130 \times 100}{110}$
E8	Tijolo furado- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (5.9 cm)	14.9	$\frac{150 \times 120}{100}$
E9	Tijolo furado- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (5.9 cm)	14.9	$\frac{150 \times 120}{100}$
E10	Tijolo furado- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (6.5 cm)	15.5	$\frac{150 \times 120}{100}$
E11	Tijolo furado- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (10.2 cm)	19.2	$\frac{120 \times 120}{110}$
E12	Tijolo furado- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (7.8 cm)	16.8	$\frac{120 \times 120}{110}$
E13	Tijolo furado- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (4.2 cm)	13.2	$\frac{120 \times 120}{110}$
E14	Tijolo furado- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (3.9 cm)	12.9	$\frac{120 \times 120}{110}$
E15	Tijolo furado- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (5.0 cm)	14	$\frac{120 \times 120}{110}$
E16	Tijolo furado- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (5.8 cm)	14.8	$\frac{120 \times 120}{110}$
E17	Bloco de concreto- 19 cm	Argamassa e Cerâmica; Argamassa e pintura (10.0 cm)	29	$\frac{150 \times 130}{100}$
E18	Tijolo furado- 9 cm	Argamassa e Cerâmica; Gesso e pintura (6.5 cm)	15.5	$\frac{200 \times 115}{105}$

Fonte: ANDRADE (2017), adaptada pelos autores

De acordo com Andrade (2017), a compilação dos dados foi efetuada no software dBati e obtidos os resultados de desempenho acústico  $D_{2m,nt,w}$  para cada medição.

Já para a elaboração das simulações, introduz-se um modelo 3D do edifício a ser avaliado. Características acerca do edifício precisam ser indicadas ao software, sendo uma delas os dados gerais da obra, aos quais dizem respeito aos parâmetros acústicos e os seus valores exigidos por norma. No Brasil, esses parâmetros são os encontrados na norma de desempenho, NBR 15575 (ABNT, 2013), e consistem nos dados apresentados na Tabela 1.

A norma de desempenho traz os valores mínimos a serem atingidos para o  $D_{2m,nt,w}$  de acordo com a localização da habitação que definem as três classes de ruído. As letras M, I e S designam o nível de desempenho em mínimo, intermediário e superior, respectivamente.

Inserir-se também no software os materiais que compõe cada elemento, como toda a composição das vedações verticais, dos pisos e da cobertura e das esquadrias com suas propriedades preponderantes.

As principais características das fachadas, indispensáveis para a modelagem das simulações, encontra-se na Tabela 2. Tem-se nesta tabela a referência da vedação designada pela letra E (de externa) precedendo o número que a difere. O vedo, material de base da fachada, é também indicado, bem como o revestimento externo e interno respectivamente e suas espessuras. A dimensão da esquadria é representada pela largura x altura, sendo inferiormente indicada a altura do peitoril, com todas as medidas expressas em centímetros.

Com isto, os resultados gerados nos relatórios do CypeCad Mep foram comparados com os resultados dos Ensaios de Campo.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos por Andrade (2017) nos ensaios de campo e os valores encontrados nas simulações computacionais com o CypeCad Mep 2016, para a diferença padronizada de nível ponderada a 2m da fachada ( $D_{2m,nt,w}$ ), encontram-se na Tabela 3, a seguir.

O nível de desempenho apresentado foi dado a partir de uma Classe II de ruído, de acordo com a localidade das edificações, conforme os dados da norma de desempenho apresentado na Tabela 1.

A discrepância entre os resultados dos dois métodos variou de 7 dB na fachada E1, chegando a 14 dB na fachada E15 e E16. A média dos resultados encontrados nos ensaios de campo foi de 21,67 dB e mediana de 22 dB. Já a média dos resultados obtidos nas simulações computacionais foi de 32,5 dB e mediana de 32 dB.

A discrepância entre os resultados pode ser melhor observada na Figura 1, que apresenta um gráfico com os valores dos  $D_{2m,nt,w}$  encontrados nos distintos métodos.

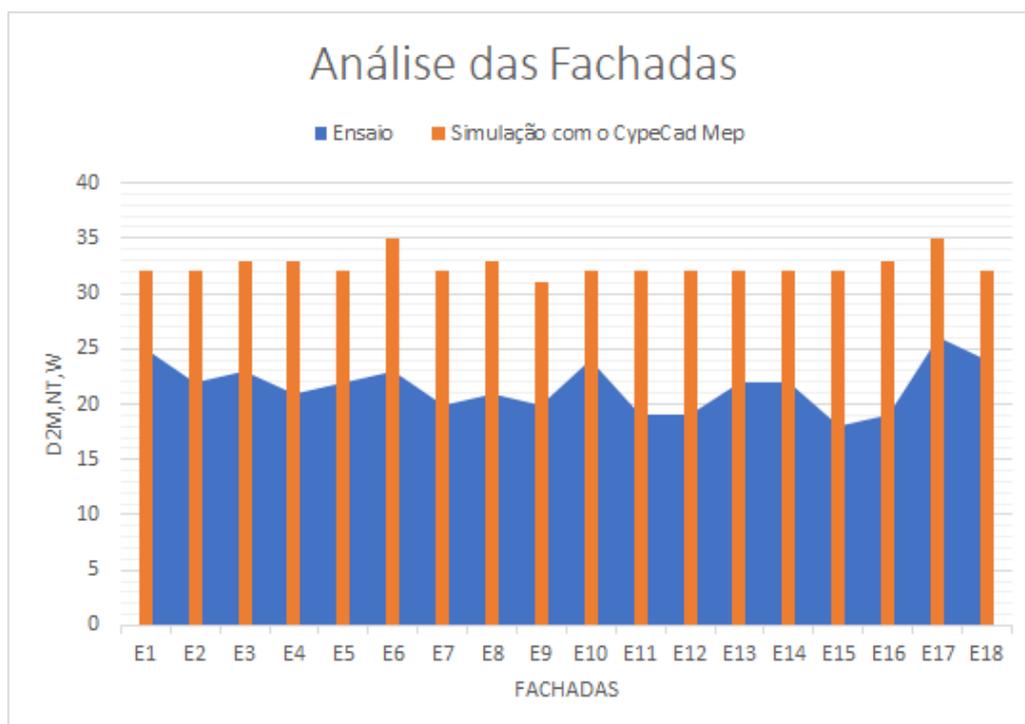
Do gráfico da Figura 3 e da Tabela 3 anteriores pode-se perceber que os resultados obtidos pelas simulações computacionais com o CypeCad Mep 2016 retorna sempre a valores bem superiores aos aferidos nos ensaios de campo.

A discrepância dada entre os métodos em forma de porcentagem pode ser tida como uma taxa que nesse estudo foi dada entre 0,56 a 0,78, sendo seu valor médio e mediano igual a 0,67. Significa, assim, para se atingir uma similaridade entre os resultados dos métodos é necessário se aplicar um fator de correlação de 0,67 sobre os valores das simulações para que se possa ter uma equiparação aos valores ensaiados.

**Tabela 3 – Resultados dos ensaios e das simulações com o Cypecad Mep**

Referência da vedação	Tipo de componente	Espessura Total (cm)	Ensaio de Campo		Simulações com o CypeCad Mep	
			D <sub>2m,nt,w</sub> (dB)	Nível de desempenho	D <sub>2m,nt,w</sub> (dB)	Nível de desempenho
E1	Bloco cerâmico- 9 cm	17,5	25	M	32	I
E2	Bloco cerâmico- 9 cm	15,2	22	Desempenho Insatisfatório	32	I
E3	Bloco cerâmico- 9 cm	12,4	23	Desempenho Insatisfatório	33	I
E4	Bloco cerâmico- 9 cm	19,5	21	Desempenho Insatisfatório	33	I
E5	Bloco cerâmico- 9 cm	19,8	22	Desempenho Insatisfatório	32	I
E6	Bloco de concreto- 9 cm	16,7	23	Desempenho Insatisfatório	35	S
E7	Bloco cerâmico- 9 cm	16,0	20	Desempenho Insatisfatório	32	I
E8	Tijolo furado- 9 cm	14,9	21	Desempenho Insatisfatório	33	I
E9	Tijolo furado- 9 cm	14,9	20	Desempenho Insatisfatório	31	I
E10	Tijolo furado- 9 cm	15,5	24	Desempenho Insatisfatório	32	I
E11	Tijolo furado- 9 cm	19,2	19	Desempenho Insatisfatório	32	I
E12	Tijolo furado- 9 cm	16,8	19	Desempenho Insatisfatório	32	I
E13	Tijolo furado- 9 cm	13,2	22	Desempenho Insatisfatório	32	I
E14	Tijolo furado- 9 cm	12,9	22	Desempenho Insatisfatório	32	I
E15	Tijolo furado- 9 cm	14	18	Desempenho Insatisfatório	32	I
E16	Tijolo furado- 9 cm	14,8	19	Desempenho Insatisfatório	33	I
E17	Bloco de concreto-19cm	29,0	26	M	35	S
E18	Tijolo furado- 9 cm	15,5	24	Desempenho Insatisfatório	32	I

Fonte: ANDRADE (2017), com dados aferidos pelos autores (2019)



**Figura 3 – Resultados obtidos nas análises das fachadas -**

Fonte: Autores (2019)

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com as simulações computacionais não apresentaram muita variabilidade, ficando os resultados na faixa de 31 a 35 dB, já os ensaios de campo apresentaram resultados variando de 18 a 26 dB.

No que tange o nível de desempenho, apenas 2 das 18 vedações analisadas pelos ensaios (11,11%) apresentaram desempenho mínimo estabelecido para a Classe II de ruído, enquanto que nas simulações todas (100%) teriam atingido desempenho satisfatório como intermediário ou superior.

Assim, pode-se concluir que o uso do software CypeCad Mep 2016 não dispensa as medições em campo, visto que este apresenta grandes discrepâncias com o valor real aferido nos ensaios de campo, podendo isto ser atribuído a falta de controle de qualidade das obras analisadas, já que as simulações são conforme projetos e os ensaios são conforme a execução. Pode-se ainda ser atribuído ao desempenho dos materiais empregados, já que as simulações efetuadas foram confeccionadas utilizando parâmetros genéricos dos materiais, onde os materiais utilizados na obra podem apresentar características acústicas inferiores aos atribuídos nas simulações. A presença de pequenas aberturas com efeito aferido nos ensaios de campo, não é expressa nas simulações, elevando também os resultados dessas. Outra possível explicação para tal discrepância entre os resultados pode ser a própria base de cálculo do software.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. K. G. D. **Análise Do Desempenho Acústico Das Vedações Verticais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, 2017.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15575:** Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013. Coletânea.
- AUGER, N.; DUPLAIX, M.; BILODEAU-BERTRAND, M.; LO, E.; SMARGIASSI, A. Environmental noise pollution and risk of preeclampsia. **Environmental Pollution**, 239, 599–606, 2018. doi:10.1016/j.envpol.2018.04.060.
- CAMARA, T.; KAMSU-FOGUEM, B.; DIOURTE, B.; FAYE, J. P.; HAMADOUN, O. Management of acoustic risks for buildings near airports. **Ecological Informatics**, 44, 43–56, 2018. doi:10.1016/j.ecoinf.2017.12.007.
- ELDAKDOKY, S.; ELKHATEEB, A. Acoustic improvement on two lecture auditoria: Simulation and experiment. **Frontiers of Architectural Research**, 6(1), 1–16, 2017. doi:10.1016/j.foar.2016.11.002.
- FERREIRA, J. A. C.; ZANNIN, P. H. T. Determinação de coeficientes de isolamento acústico: medições in situ e simulação computacional. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 15-29, abr/jun 2007. ISSN 1678-8621.
- GONZÁLEZ, B.; FIGUEIRA, R. **Software Bim para a análise de ciclo de vida, compatível com o estudo térmico e acústico do edifício**. Disponível em: <<http://www.topinformatica.pt/artigos/software-bim-para-a-analise-de-ciclo-de-vida-compativel-com-o-estudo-termico-e-acustico-do-edificio.pdf>>. Acesso em: 30 de maio de 2019.
- JAFARI, Z.; KOLB, B. E.; MOHAJERANI, M. H. Noise Exposure Accelerates the Risk of Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease: Adulthood, Gestational, and Prenatal Mechanistic Evidence from Animal Studies. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**. 2019. doi:10.1016/j.neubiorev.2019.04.001.
- NING, X.; QI, J.; WU, C.; WANG, W. Reducing noise pollution by planning construction site layout via a multi-objective optimization model. **Journal of Cleaner Production**. 2019. doi:10.1016/j.jclepro.2019.03.018.
- OTTOZ, E.; RIZZI, L.; NASTASI, F. Recreational noise: Impact and costs for annoyed residents in Milan and Turin. **Applied Acoustics**, 133, 173–181. 2018. doi:10.1016/j.apacoust.2017.12.021.
- PARK, S. H.; LEE, P. J. Reaction to floor impact noise in multi-storey residential buildings: The effects of acoustic and non-acoustic factors. **Applied Acoustics**, 150, 268–278. 2019. doi:10.1016/j.apacoust.2019.02.021.
- SURIANO, M. T.; SOUZA, L. C. L. D.; SILVA, A. N. R. D. Ferramenta de apoio à decisão para o controle da poluição sonora urbana. **Ciência e Saúde Coletiva**, p. 2201-2210, 2015. ISSN 1413-8123.
- SZCZEPAŃSKA, A.; SENETRA, A.; WASILEWICZ-PSZCZÓŁKOWSKA, M. The effect of road traffic noise on the prices of residential property – A case study of the polish city of Olsztyn. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, 36, 167–177. 2015. doi:10.1016/j.trd.2015.02.011.
- VALLÉE, J.-C.; FERRARA, M.; ASTOLFI, A.; FABRIZIO, E. Trade-off between sound insulation performance and cost-optimality in a residential nZEB. **Energy Procedia**, 140, 57–66. 2017. doi:10.1016/j.egypro.2017.11.123.
- VAN KEMPEN, E.; BABISCH, W. The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension. **Journal of Hypertension**, 30(6), 1075–1086. 2012. doi:10.1097/hjh.0b013e328352ac54.

WANG, C. J.; MYNORS, D. J. Acoustic performance of cold-formed steel buildings. **Recent Trends in Cold-Formed Steel Construction**, 173–182. 2016. doi:10.1016/b978-0-08-100160-8.00008-6.

WANG, X.; MAO, D.; YU, W.; JIANG, Z. Acoustic performance of balconies having inhomogeneous ceiling surfaces on a roadside building facade. **Building and Environment**, 93, 1–8. 2015. doi:10.1016/j.buildenv.2015.06.027.

YU, C.-J.; KANG, J. Acoustic Sustainability in Urban Residential Areas. **Procedia Environmental Sciences**, 10, 471–477. 2011. doi:10.1016/j.proenv.2011.09.077.