

FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA
XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

IntraProjetos: procedimento para garantia da validade dos resultados de simulações de desempenho acústico

Rocha, R. R.¹; Fengler, B.²; Sá, K.³; Pereira, V. S.⁴; Giner, J. C.⁵

^{1,2,3,4,5} GINER - Designing sound spaces, São Paulo, SP, Brasil, {raquel, barbara, karina, projetos, jcginer}@giner.com.br.

Resumo

É habitual a realização de simulações de desempenho acústico em *software* específicos para averiguar os resultados de uma edificação antes da sua construção devido a existência da norma ABNT NBR 15575. Essas simulações já avançaram consideravelmente nos últimos anos, sendo possível ter uma precisão de até 1 dB entre o valor simulado comparado com o valor medido *in loco*, se a construção seguir corretamente o projeto acústico. Dada a precisão da simulação como um marco vencido, surgiu a seguinte dúvida: como garantir ao cliente final que os resultados simulados, independente do projetista que realizou a simulação, irá possuir o mesmo resultado? Pensando em responder essa questão, foi desenvolvido o IntraProjetos, que é uma sistemática para garantir a validade dos resultados simulados. O intuito deste artigo é compartilhar o procedimento de gestão de qualidade do IntraProjetos, que consiste na comparação do desenvolvimento da mesma simulação no *software* SONArchitect ISO 3.1.11 entre três projetistas, tendo como dados de entrada as mesmas informações. Cada projetista realizou a sua simulação de forma individual compartilhando os resultados com o moderador. É válido salientar que o conhecimento técnico do projetista influencia nos resultados simulados, devido a complexabilidade técnica da simulação e sua análise crítica. Entretanto, mesmo os projetistas participantes possuem diferentes formações acadêmicas, esse fator não influenciou esse estudo em questão. Isso pode ser justificado devido ao treinamento interno constante que os projetistas possuem. Após as simulações, os resultados para o sistema de piso, divisórias e fachadas de uma edificação foram comparados e analisados. Com isso, foi possível verificar que os resultados foram iguais entre os projetistas, validando o procedimento de gestão aplicado para o IntraProjetos. Desta forma, é possível garantir ao cliente final, solicitante da simulação de isolamento acústico, que o resultado será o mesmo, independentemente do projetista responsável pelo projeto em questão.

Palavras-chave: simulação, comparação, projetistas.

PACS: 43.55.Ka; 43.50.Rq; 43.55.Mc; 43.58.Ta.

IntraProjetos: procedure to guarantee the simulations results for acoustical performance

Abstract

It is usual to carry out acoustic performance simulations in specific software to verify the results of a building before its construction due to the existence of the ABNT NBR 15575 standard. These simulations have advanced considerably in recent years, being possible to have an accuracy of up to 1 dB between the simulated value compared with the value measured in loco, if the construction correctly follows the acoustic specifications. Given the precision of the simulation as an overdue milestone, the following question arose: how to guarantee to the final customer that the simulated results, regardless of the designer who performed the simulation, will have the same result? In order to answer this question, the IntraProjetos was developed, which is a system to ensure the validity of simulated results. The purpose of this article is to share the IntraProjetos quality management procedure, which consists of comparing the development of the same simulation in the SONArchitect ISO 3.1.11 software between three designers, using the same information as input. Each designer performed their simulation individually, sharing the results with the moderator. It is worth noting that the designer's technical knowledge influences the simulated results, due to the technical complexity of the simulation and its critical analysis. However, even the participating designers have different academic backgrounds, this factor did not influence this study. This can be justified due to the constant internal training that designers have. After the simulations, the results for the floor system, partitions and facades of a building were compared and analyzed. With this, it was possible to verify that the results were the same among the designers, validating the management procedure applied to IntraProjetos. In this way, it is possible to guarantee to the final customer, requesting the acoustic insulation simulation, that the result will be the same, regardless of the designer responsible for the project in question.

Keywords: simulation, comparison, acoustic designers.



1. INTRODUÇÃO

A norma de desempenho ABNT NBR 15575 [1] apresenta desde 2013 requisitos obrigatórios de desempenho acústico para edificações residenciais. Em geral, a norma busca criar uma “competitividade saudável” para os agentes da cadeia produtiva, instigando o investimento em melhoria, desenvolvimento, tecnologia e sustentabilidade. Corbioli [2] apresenta uma estimativa de aumento de 3 a 7% no custo de produção, dependendo do nível de desempenho que se pretende atender: mínimo, intermediário ou superior. Já um estudo de 2020 do Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva, SINAENCO, [3] sugere que a necessidade de implementação de controles mais rígidos e o aumento de custos levam à uma espécie de “seleção natural” dos competidores do mercado.

A fim de buscar economia e de evitar despesas não previstas em orçamentos, é cada vez mais comum a utilização de ferramentas de simulação para verificação do atendimento à norma técnica ABNT NBR 15575 Edificações Residenciais – Desempenho [1] em fase de projeto. Essa prática tem se tornado cada vez mais comum no mercado da construção civil no Brasil, o que é possível perceber pelo crescimento do setor de consultoria de desempenho.

Conforme apresentado no estudo de Fengler [4], a diferença entre os resultados de desempenho acústico simulados e posteriormente medidos em campo após a construção é de 1 dB. Esse valor é considerado uma importante conquista para os projetistas da área, visto que é possível garantir ao cliente segurança e assertividade nas tomadas de decisão ainda em fase de projeto, prevenindo possíveis problemas, tanto de orçamento como na relação com o consumidor final.

Em paralelo, com o crescimento do mercado de consultoria acústica, é natural que haja a necessidade de integrar diferentes profissionais na equipe de projetistas, seja pela falta de profissionais especialistas em acústica como também pela necessidade de uma equipe plural e com diferentes percepções e ideias. Com isso, surgem as dúvidas: é possível garantir que independentemente do projetista acústico os resultados simulados serão os mesmos? É possível garantir o mesmo nível de

confiabilidade para o cliente? Para responder essa questão, foi criado um procedimento de gestão da qualidade, chamado de IntraProjetos e apelidado como IntraProj.

O procedimento tem sua idealização inspirada nos chamados ensaios inter e intra-laboratoriais, a exemplo do realizado pela Associação Brasileira para a Qualidade Acústica (ProAcústica) [5] para garantia de validade de resultados de diferentes laboratórios.

Nesse sentido, o presente artigo visa compartilhar como foi idealizado e realizado o IntraProj, bem como os resultados obtidos e conclusões a cerca das dúvidas que motivaram a criação do programa interno.

2. REVISÃO

A norma de desempenho [1] especifica requisitos obrigatórios para sistemas de piso, sendo avaliado o ruído aéreo e de impacto por meio dos valores de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, e nível sonoro de impacto normatizado ponderado, $L'_{nT,w}$, respectivamente. Já para divisória entre unidades e unidades e áreas de uso comum do condomínio é obrigatório o atendimento ao ruído aéreo, sendo também avaliado com a $D_{nT,w}$. Para vedações verticais externas e cobertura, é avaliada a diferença padronizada de nível ponderada a dois metros da fachada, $D_{2m,T,w}$.

Para realização dos ensaios em campo para comprovação do atendimento, a norma de desempenho especifica a utilização das normas ABNT NBR ISO 16283 [6]. Já para estimativa dos resultados em fase de projeto, a norma brasileira sugere a adoção da metodologia de cálculo apresentada nas normas ISO 12354, partes 1 a 3 [7–9]. A norma de desempenho [1], entretanto, não prevê qualquer garantia do uso correto e criterioso da metodologia de cálculo apresentado pela norma ISO 12354 [7–9] ou dos *software* baseados nessa norma.

A realização de programas de proficiência é bastante conhecida e difundida para laboratórios de ensaios, inclusive de ensaios acústicos. A exigência desse tipo de ensaio para garantia da validade dos resultados conforme requisito da norma técnica ABNT NBR ISO/IEC 17025 [10] faz com que os laboratórios busquem esse tipo de pro-

grama de proficiência e realizem ensaios intralaboratoriais entre seus técnicos de campo.

Na área de projetos, um exemplo de programa que busca a validação de ferramentas de simulação para acústica de salas é o Round Robin [11]. Esse programa busca a comparação de resultados de diferentes parâmetros como tempo de reverberação, clareza e grau de força simulados através de diferentes ferramentas com os dados ensaiados. Dessa forma, o Round Robin possibilita a calibração e ajuste dessas ferramentas pelos seus desenvolvedores, além de fomentar e auxiliar o estudo e desenvolvimento de novos especialistas e ferramentas de qualidade.

Pensando nesse cenário e inspirado por esse tipo de programa, o IntraProj consiste na realização de simulações de um mesmo empreendimento realizadas por projetistas distintos e comparação dos resultados obtidos. Essa comparação tem como objetivo:

- Verificar a qualidade dos treinamentos e procedimentos internos na empresa, analisando se são suficientes para garantir a repetibilidade das simulações;
- Identificar possíveis problemas e falhas nos treinamentos e procedimentos e desenvolver soluções para os mesmos.;
- Avaliar a repetibilidade das simulações;
- Avaliar a competência técnica dos projetistas envolvidos.

3. MÉTODO

A fim de garantir a imparcialidade dos resultados, uma pessoa neutra, chamada de moderador, foi responsável pela escolha do projeto a ser simulado, distribuição do mesmo, especificação dos dados de entrada a serem considerados, análise dos modelos de simulação desenvolvidos e análise dos resultados obtidos. Outras três pessoas, com diferentes formação e tempo de experiência com simulações de desempenho acústico, foram selecionadas como projetistas para desenvolvimento das simulações. A Tabela 1 apresenta as informações dos projetistas selecionados.

Cada projetista recebeu do moderador o mesmo "pacote" de dados, contendo todas as informações necessárias para realização da simulação. Os dados de entrada fornecidos foram:

- Projeto arquitetônico do empreendimento selecionado;
- Definição dos elementos construtivos a serem considerados;
- Definição dos sistemas a serem simulados;
- Relatórios de ensaio em laboratório de alguns sistemas construtivos;
- Instruções para apresentação dos resultados.

O projeto escolhido como estudo de caso foi uma edificação residencial de 22 pavimentos com um pavimento tipo e oito unidades por andar. Para a realização das simulações, foram selecionadas duas unidades e solicitadas as simulações de sistemas de piso de dois dormitórios (ruído aéreo e de impacto), uma divisória e fachada dos dois dormitórios, conforme requisitos para atendimento ao desempenho mínimo da norma ABNT NBR 15575 [1]. Os elementos construtivos considerados nas simulações estão especificados no Quadro 1 e a Figura 1 identifica as unidades e ambientes considerados, bem como os sistemas simulados.

Quadro 1: Elementos construtivos indicados como *input* para as simulações.

Sistema	Elemento construtivo
Sistema de piso	Laje maciça de concreto 150 mm densidade 2500 kg/m ³ sem contrapiso e sem revestimento
Fachada	Bloco cerâmico 140 mm com revestimento interno em gesso 10 mm e externo em argamassa 40 mm
Esquadria	Janela em alumínio com duas folhas de correr de vidro comum 4 mm e persiana integrada R_w 30 dB conforme relatório de ensaio RT74/16
Divisória entre unidades	Bloco cerâmico acústico 140 mm com revestimento em argamassa 25 mm em ambas as faces R_w 47 dB conforme relatório de ensaio 1 104 709-203
Divisórias internas da unidade	Bloco cerâmico 90 mm com revestimento interno em gesso 10 mm nas áreas secas e argamassa 10 mm nas áreas molhadas
Cobertura	Laje maciça de concreto 150 mm densidade 2500 kg/m ³ sem contrapiso

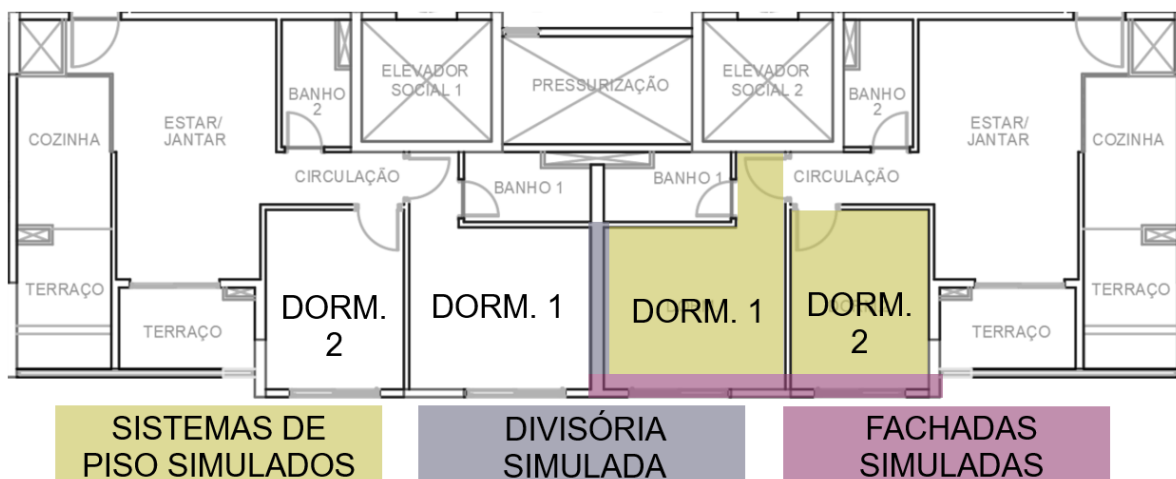


Figura 1: Identificação dos sistemas simulados no IntraProj.

É importante ressaltar também que todos os projetistas receberam ou desenvolveram os treinamentos e procedimentos internos da empresa sobre simulações de desempenho acústico, em seus respectivos períodos de treinamento e aprendizagem. Todas as simulações são realizadas no *software* SONArchitect ISO V.3.1.11. O *software* é baseado na metodologia de cálculos apresentada na norma ISO 12354 [7–9].

Para os elementos construtivos com relatórios de ensaio em laboratório, conforme indicado no Quadro 1, cada projetista foi o responsável por inserir os dados necessários, conforme relatório de ensaio, no SONArchitect ISO. Os demais elementos construtivos deveriam ser modelados por cada um dos projetistas no *software* Insul, o qual apresenta um banco de dados de diversos materiais e suas respectivas performances acústicas, bem como permite criar novos materiais a partir das propriedades mecânicas desses materiais, como espessura, densidade, módulo de elasticidade etc.

Vale ressaltar que assim como treinamentos específicos a respeito do *software* SONArchitect ISO, a empresa também oferece treinamentos e procedimentos para o uso do Insul. Em caso de dúvida

ou falta de informações no pacote inicial, os projetistas só poderiam contatar o moderador.

A partir da premissa de sistemas construtivos tanto com relatórios de ensaio quanto com modelagem no Insul, é possível abranger diferentes etapas dos procedimentos internos, sendo possível verificar falhas em todas as etapas que compõem a simulação, caso essas existam.

Para garantir a não correspondência entre os projetistas sobre os dados e resultados da simulações, foram adotados protocolos internos. Cada projetista realizou sua simulação de forma independente e enviou para o moderador os arquivos de simulação e resultados obtidos. Esse, por sua vez, foi o responsável pela análise das simulações, dados e resultados obtidos, bem como apresentação dos mesmos para a diretoria técnica da empresa.

A análise dos resultados é realizada por meio do z-escore ζ , dado por

$$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{u_{proj,n}^2 + u_{ref}^2}}, \quad (1)$$

em que x é o valor obtido pelo projetista n e X é o valor verdadeiro, adotado como a média entre os

Tabela 1: Identificação dos projetistas participantes.

Identificação	Formação	Experiência com simulações de desempenho acústico	Tempo de empresa
Projetista 1	Engenharia acústica	5 anos	5 anos
Projetista 2	Arquitetura e Urbanismo	3 anos	3 anos
Projetista 3	Arquitetura e Urbanismo	5 meses	2 anos

Tabela 2: Resultados obtidos nas simulações por projetista.

Sistema simulado	Grandeza	Projetista 1	Projetista 2	Projetista 3
Fachada Dormitório 1	$D_{2m,T,w}$	35 dB	35 dB	35 dB
Piso Dormitório 1 - ruído impacto	$L'_{nT,w}$	78 dB	78 dB	78 dB
Piso Dormitório 1 - ruído aéreo	$D_{nT,w}$	50 dB	50 dB	50 dB
Divisória entre Dormitórios 1	$D_{nT,w}$	45 dB	45 dB	45 dB
Fachada Dormitório 2	$D_{2m,T,w}$	35 dB	35 dB	35 dB
Piso Dormitório 2 - ruído impacto	$L'_{nT,w}$	80 dB	80 dB	80 dB
Piso Dormitório 2 - ruído aéreo	$D_{nT,w}$	49 dB	49 dB	49 dB

projetistas nesse caso. $u_{proj,n}$ é a incerteza-padrão expandida do projetista n e u_{ref} é a incerteza expandida do valor designado de referência, adotada como 1 dB, conforme estudo [4].

Conforme ABNT NBR ISO/IEC 17043 [12], a avaliação de desempenho de cada laboratório, ou projetista nesse estudo, pode ser indicada como:

- $|\zeta| \leq 2,0$ indica desempenho satisfatório e não geral sinal;
- $2,0 < |\zeta| < 3,0$ indica desempenho questionável e gera sinal de alerta;
- $|\zeta| \geq 3,0$ indica desempenho insatisfatório e gera sinal de ação para correção.

Para controle interno, também foi avaliado o tempo de modelagem e simulação necessários por cada um dos projetistas, a fim de realizar uma análise de causa em caso de resultados discrepantes. Além disso, foi feita uma análise rigorosa do modelo de simulação a fim de serem verificadas divergências entre os modelos de simulação de cada projetista.

4. RESULTADOS

Os resultados das simulações de cada colaborador estão indicados na Tabela 2. Analisando os resultados obtidos é possível verificar que não houve qualquer diferença entre os resultados de cada um dos projetistas para cada um dos resultados analisados.

A partir desses resultados, é obtido um z-escore de 0 para todos os projetistas, concluindo-se que não seria necessária a tomada de qualquer ação de melhoria ou correção nos procedimentos internos de simulação da empresa. Assim, conclui-se que os resultados de todos os projetistas foram satisfatórios, bem como entende-se como satisfa-

tórios os treinamentos e procedimentos internos da empresa, os quais garantem a repetibilidade das simulações independente da pessoa que realizará as simulações, desde que essa esteja devidamente treinada e integrada ao time de projetos.

O tempo utilizado por cada um dos projetistas, desde a etapa de análise, modelagem e simulação estão indicados no Quadro 2.

Quadro 2: Tempo de simulação de cada projetista.

Projetista	Tempo
Projetista 1	45 minutos
Projetista 2	42 minutos
Projetista 3	1 hora e 15 minutos

Com a análise detalhada dos modelos de simulação foi identificar uma diferença de $0,04 m^2$ na área do Dormitório 2 entre o modelo de simulação do Projetista 1 em relação aos demais projetistas. Embora essa diferença não tenha sido suficiente para causar uma divergência entre os resultados simulados, foi verificado que o procedimento interno para modelagem do empreendimento possibilitava diferentes formas de execução. A fim de evitar possíveis futuras divergências maiores entre a área real do ambiente e a área simulada, foi revisado o procedimento interno determinando com maior detalhamento e rigor essa etapa da simulação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização do IntraProj e dos resultados obtidos é possível verificar a importância da realização de treinamentos e reciclagens periódicas do time de projetistas. Torna-se evidente que esse resultado satisfatório não seria possível sem os treinamentos teóricos e práticos para cada



projetista no seu início com a equipe. É possível verificar que o Projetista 3, com menos tempo de experiência na área de simulações de desempenho acústico, precisou de um período de tempo maior que os demais para realização das simulações, o que é esperado. Ainda assim, e principalmente, os resultados obtidos foram os mesmos, garantindo a repetibilidade das simulações.

Ainda, é notável que o programa possibilitou a percepção de lacunas no procedimento interno, como o detalhamento de instrução para modelagem das edificações. Com isso, foi possível realizar o ajuste do procedimento, embora verificado que a diferença de área modelada não tenha sido suficiente para uma divergência nos resultados simulados. Para não haver dúvidas sobre a revisão do procedimento, foi realizado um treinamento interno de reciclagem.

É possível concluir que a formação dos projetistas nesse estudo não influenciou nos resultados das simulações. Entretanto, cabe ressaltar ainda que o próprio *slogan* do *software* é "*software for acoustic engineers*", deixando claro a importância do uso da ferramenta com inteligência técnica e análise crítica. Internamente, essas características são garantidas a partir de treinamento técnico interno específico e detalhado na área de acústica nas edificações, ministrados por especialistas. Ainda, as áreas de desenvolvimento técnico e de projetos têm na empresa uma forte conexão, garantindo a interação das equipes para melhor desenvolvimento e garantia dos resultados de excelência, conforme apresentado.

Para garantir a qualidade das simulações de desempenho acústico na empresa, pretende-se realizar o IntraProj anualmente, variando os projetistas envolvidos e o projeto de análise. Para as próximas edições, é pretendido realizar as simulações de um empreendimento o qual tem-se as medições *in loco* para comparação dos resultados, tomando, então, o valor ensaiado como valor verdadeiro na análise do escore.

REFERÊNCIAS

- [1] *NBR 15575 Edificações Habitacionais - Desempenho*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, set. 2021.
- [2] Corbioli, N. A norma está pegando: Visando um produto imobiliário de melhor qualidade, construtoras

estão descobrindo os caminhos para superar dúvidas e dificuldades para o atendimento da nbr 15.575:2013, a primeira norma a estabelecer parâmetros mínimos de desempenho e durabilidade para edificações habitacionais do país. *Revista Técnica*, out 2016.

- [3] Os impactos da norma de desempenho no setor da arquitetura e engenharia consultiva, 2020. Disponível em: <https://sinaenco.com.br/wp-content/uploads/2016/08/OsImpactosdaNormadeDesempenho.pdf>.
- [4] Fengler, Bárbara; Rocha, Raquel Rossatto e Giner, José Carlos. Comparison of standard en 12354 versions 2000 and 2017 applied to simulations of acoustic performance in buildings. Em *Euronoise*, Madeira, Portugal, 2021. Disponível em: <http://ftp.sea-acustica.es/fileadmin/Madeira21/ID163.pdf>.
- [5] Pozzer, Talita; Wunderlich, Priscila; Monteiro, Carolina e De Frias, Juan. Interlaboratory and proficiency tests for field measurements in brazil. Em *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, volume 259, págs. 8120–8130. Institute of Noise Control Engineering, 2019.
- [6] *NBR ISO 16283 Acústica - Medição de campo de isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, dez. 2018.
- [7] *ISO 12354 Building acoustics — Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 1: Airborne sound insulation between rooms*. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2017.
- [8] *ISO 12354 Building acoustics — Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 2: Impact sound insulation between rooms*. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2017.
- [9] *ISO 12354 Building acoustics — Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound*. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2017.
- [10] *NBR ISO/IEC 17025 Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, dez. 2017.
- [11] Bork, Ingolf. Simulation and measurement of auditorium acoustics - the round robins of acoustical simulation. Em *Euronoise*, Physikalisch-Technische bundesanstalt Braunschweig, proceedings of Institute of Acoustics, 2002. Disponível em: <https://www.ptb.de/cms/ptb/fachabteilungen/abt1/fb-16/ag-163/round-robin-in-room-acoustics.html>.
- [12] *NBR ISO/IEC 17043 Avaliação de conformidade - Requisitos gerais para ensaios de proficiência*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, ago. 2011.