

O risco entre o mau e o superdimensionamento das soluções acústicas ao considerar os valores de referência da própria norma de desempenho

Vitória Soares¹, Raquel Rossatto¹, Bárbara Fengler¹, Karina Sá¹, José Carlos Giner¹
¹Giner Designing sound spaces, São Paulo, Brasil

Resumo

A norma de desempenho ABNT NBR 15575 estabelece critérios para determinação de desempenho acústico das edificações. As construtoras e incorporadoras têm buscado o estudo para obter resultados com os quais possam avaliar as soluções para atendimento ao desempenho acústico conforme o nível que desejam atender, e, em suma, optam por soluções que possam incorporar com preferível custo-benefício para o projeto. O anexo F da norma NBR 15575-4 apresenta valores de referência do isolamento acústico dos elementos construtivos para que o projetista consiga consultar e adotar como parâmetro para alcançar o desempenho em campo exigido pela norma. O presente artigo busca verificar se a adoção dos valores apresentados na tabela é assertiva. O estudo verificou que, ao adotar a tabela para alcançar o desempenho desejado, pode ocorrer insuficiência ou superdimensionamento nas soluções, resultando em aumento de custos em fase de projeto ou aumento de custos para adotar soluções posteriores ao constatar o não atendimento.

Abstract

The performance standard NBR 15575 establishes criteria to determinate the acoustic performance of buildings. Builders and designers have been looking for studies to obtain results that enable assessments of solutions to meet the acoustic performance, so they can opt for the best cost benefit solutions for the project. However, the Annex F of the standard NBR 15575 presents reference laboratory values that the designer can consult and adopt as a parameter to achieve the field performance required by the standard. This article seeks to validate if the adoption of the values presented in the table are assertive. The results show that choosing to adopt them to achieve the desired performance may present insufficiency or oversized of commitment in the solutions, resulting in higher costs in the design phase or higher costs after the construction to solve the problem.

Introdução

Em 2021, a norma brasileira de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2021a) foi atualizada, sendo revisada conforme emendas específicas das partes de desempenho térmico e acústico. Na parte de acústica, não houve alterações nos requisitos apresentados pela normativa ou outras alterações significativas. Na maior parte dos itens revisados, o objetivo foi esclarecer itens genéricos e ambíguos na versão anterior da norma.

Entretanto, uma tabela bastante questionada e que teve sua permanência em discussão, inclusive durante as reuniões da ABNT, ainda se mantém na norma. Apesar de serem apresentados como valores de referência e de a própria norma sugerir a adoção de métodos mais robustos, a dita tabela pode levar a decisões equivocadas.

Para predição do atendimento da norma ainda em fase de projeto, a norma sugere a aplicação dos cálculos apresentados pela ISO 12354-1 (2017a). Nesse sentido, as construtoras e incorporadoras buscam profissionais com expertise técnica para emitir esses estudos, sendo essa etapa incorporada ao processo de desenvolvimento de um novo produto.

Para a análise de desempenho do ruído aéreo, a norma especifica requisitos para Diferença Padronizada do Nível de Pressão Sonora, $DnTw$, o qual depende das características dos espaços avaliados, tais como volume dos ambientes, área da divisória, tempo de reverberação do ambiente de recepção e transmissões secundárias. Dessa forma, esse parâmetro é importante para caracterizar o desempenho do sistema construtivo *in loco*, não sendo eficiente para caracterização do desempenho acústico da composição.

Em contrapartida, o Rw é o Índice de Redução Sonora, grandeza que estabelece o isolamento acústico de uma composição, sendo isso ensaiado em laboratório, em condições específicas e ideais.

Apesar de existir uma relação numérica entre ambas as grandezas, essa não é uma relação simples, sendo necessários diversos cálculos sobre as considerações das características da edificação: volume dos ambientes em análises, área da partição em análise, sistemas construtivos dos sistemas adjacentes, instalações existentes etc. Mesmo assim, no anexo F da norma NBR 15575-4 (ABNT, 2021b), é apresentada uma tabela que relaciona essas grandezas, sendo indicado o Rw necessário para atendimento ao desempenho de $DnTw$, para o caso de serem utilizadas composições leves ou pesadas.

Na Tabela 1, consta um resumo dos valores apresentados como referência no anexo F da norma para elementos pesados. As situações estão descritas conforme critérios de atendimento, sendo:

- Situação 1: “Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações em que não haja ambiente dormitório”;
- Situação 2: “Parede entre as unidades habitacionais autônomas (parede de geminação),

caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório;

- Situação 3: "Parede cega entre o dormitório ou sala de uma unidade habitacional e as áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como *home theater*, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas"; e
- Situação 4: "Parede cega entre o dormitório de uma unidade habitacional e as áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias".

Tabela 1: Representação simplificada do anexo F da norma NBR 15575-4 (ABNT, 2021b)

Situação	DnTw em dB requisito da norma	Rw em dB de referência para sistemas pesados
Situação 1	≥ 40	≥ 43
Situação 2	≥ 45	≥ 48
Situação 3	≥ 45	≥ 48
Situação 4	≥ 40	≥ 43

Nesse sentido, o objetivo do presente artigo é apresentar comparações dos valores obtidos a partir de simulações computacionais, resultados dos ensaios *in loco* das situações avaliadas e os valores apresentados pela Tabela 1.

A partir dos resultados simulados de DnTw comparados aos ensaiados em campo, pretende-se validar os modelos de simulações. A partir da validação dos modelos de simulação, são comparados os valores de Rw considerados em cada simulação com os valores indicados como referência no anexo F da norma, a fim de ilustrar que esses valores são refutáveis e podem levar ao erro.

Simulação e Experimentos

Para validar o atendimento aos requisitos de desempenho acústico da norma (ABNT, 2021b), são realizados ensaios em campo do valor de DnTw, para o caso do ruído aéreo, conforme metodologia de ensaio descrita pela NBR 16283-1 (ISO ABNT, 2018). O ensaio consiste em utilizar uma fonte omnidirecional, que atenda a critérios específicos da própria norma, com um ruído padronizado, e realizar ensaios em alguns pontos no ambiente emissor e receptor. Também deve ser realizado o ensaio de tempo de reverberação no ambiente receptor. Todas as medições são realizadas em bandas de terço de oitava. O valor de DnTw é um valor ponderado em frequência, da diferença

entre os níveis de pressão sonora verificados entre o ambiente de emissão e recepção, após serem realizadas as correções necessárias.

Por outro lado, a fim de obter resultados em fase de projeto, evitando futuras reclamações, despesas não previstas e problemas, é crescente a busca de simulações de desempenho acústico por parte das construtoras. Essas simulações são realizadas com base na metodologia de cálculos apresentada pela série de normas internacionais 12354, partes 1 a 3 (ISO 2017a, ISO 2017b, ISO 2017c) e conseguem considerar, com esses cálculos, as características dos ambientes em análise, bem como as transmissões secundárias para obtenção do resultado em campo do futuro empreendimento.

O estudo de Fengler, Rocha, Sá e Giner (2022), apresenta uma diferença de no máximo 1 dB entre os valores simulados por essa metodologia de cálculo se comparado aos valores obtidos nos ensaios *in loco*.

Nessas simulações, é necessário modelar o edifício, conforme bases arquitetônicas do projeto. Com isso, as informações geométricas dos ambientes como área, volume, conexões e ambientes adjacentes já serão conhecidas.

Outro dado de entrada informado no modelo são os elementos construtivos utilizados no projeto e seus respectivos índices de redução sonora. Esses, por sua vez, são inseridos na simulação conforme os resultados de ensaio em laboratório de cada material, geralmente realizado pelo próprio fornecedor dessa composição.

Caso não haja o ensaio em laboratório de alguma composição utilizada, é possível modelar novos materiais a partir de características como densidade, espessura, módulo de elasticidade, entre outros, com o *software* comercial Insul, o qual também apresenta um banco de dados com os Rw de diversos materiais.

No presente estudo, foram selecionados alguns estudos de caso. Os empreendimentos de cada estudo foram modelados no *software* de simulação de isolamento acústico SONArchitect versão 3.1.11, o qual utiliza a metodologia de cálculo apresentada pela ISO 12354-1 (2017a).

Os dados de entrada das composições aplicados a cada estudo de caso estão descritos na Tabela 2. Essas composições foram desenvolvidas no *software* Insul, a partir das informações coletadas, ou conforme relatórios das composições ensaiadas em laboratório pelo fornecedor das alvenarias.

Tabela 2: Identificação dos estudos de caso e os respectivos input inseridos nas simulações

Estudo de caso	Divisória	Composição
1	Sala/Cozinha de unidades distintas - situação 1 conforme Tab. 1	Bloco cerâmico de 140 mm com revestimento em argamassa esp.: 25 mm e revestimento cerâmico em cada face
2	Dormitórios de unidades distintas - situação 2 conforme Tab. 1	Bloco cerâmico de 90 mm com contraparede em <i>drywall</i> em ambos os lados da divisória
3	Dormitórios de unidades distintas - situação 2 conforme Tab. 1	Bloco cerâmico de 90 mm com contraparede em <i>drywall</i> em ambos os lados da divisória
4	Salas de unidades distintas - situação 1 conforme Tab. 1	Bloco cerâmico de 140 mm com revestimento em argamassa esp.: 15 mm em cada face
5	Sala/Cozinha de unidades distintas - situação 1 conforme Tab. 1	Bloco cerâmico de 140 mm com revestimento em argamassa esp.: 25 mm e revestimento cerâmico em cada face
6	Entre Sala/Cozinha de unidade habitacional e Brinquedoteca – situação 3 conforme Tab. 1	Bloco cerâmico de 140 mm com revestimento em argamassa esp.: 25 mm e revestimento cerâmico em uma face e revestimento em gesso esp.: 10 mm na outra face
7	Divisória entre <i>hall</i> e Dormitório – situação 4 conforme Tab. 1	Bloco cerâmico de 140 mm com revestimento em gesso esp.: 10 mm em cada face
8	Sala/Cozinha de unidades distintas - situação 1 conforme Tab. 1	Bloco cerâmico de 140 mm com revestimento em argamassa esp.: 25 mm e revestimento cerâmico em cada face
9	Áreas de serviço de unidades distintas - situação 1 conforme Tab. 1	Bloco cerâmico de 140 mm com revestimento em argamassa esp.: 20 mm em cada face
10	Dormitórios de unidades distintas - situação 2 conforme Tab. 1	Bloco de concreto estrutural de 140 mm com revestimento em gesso esp.: 25 mm em cada face

Após a construção desses edifícios residenciais, foram realizados os ensaios em campo, seguindo os procedimentos da norma NBR 16283-1 (ISO ABNT, 2018) nos mesmos casos dos apresentados na Tabela 2. Na Tabela 3, estão apresentados os resultados obtidos por meio das simulações e ensaios em obra do DnTw, bem

como os valores mínimos desse parâmetro para atendimento da norma, a depender da situação avaliada.

Os valores de DnTw medidos em campo após a finalização da obra são comparados aos valores simulados, a fim de validar os modelos computacionais. É possível perceber que a maior diferença entre valor simulado e ensaiado *in loco* é de 2 dB, sendo que, na maioria dos casos, essa diferença é ainda menor ou inexistente. Com esses resultados, temos a validação dos modelos de simulação.

Tabela 3: Comparações entre valores simulados e ensaiados em campo para validação

Estudo de caso	DnTw [dB] Requisito da NBR 15575-4: 2021	DnTw [dB] Simulação	DnTw [dB] Ensaio <i>in loco</i>
1	≥ 40	42	40
2	≥ 45	46	48
3	≥ 45	45	46
4	≥ 40	43	44
5	≥ 40	44	44
6	≥ 45	47	47
7	≥ 40	43	41
8	≥ 40	45	46
9	≥ 40	41	40
10	≥ 45	43	45

Na Tabela 4 estão apresentados os Rw da composição de cada um dos estudos de caso considerados nos modelos de simulação, bem como o valor mínimo de Rw sugerido para elementos pesados no anexo F da norma NBR 15575-4 (ABNT, 2021b). Partindo da validação dos modelos, é possível confrontar os valores de Rw simulados com os valores de referência indicados no anexo F da NBR 15575-4 (ABNT, 2021b). As análises e discussões referente a essas comparações constam na próxima seção.

Tabela 4: Comparações entre valores de referência do anexo F da norma NBR 15575-4 (ABNT, 2021b) e os valores de Rw simulados

Estudo de caso	Rw [dB] de referência para sistemas pesados indicados pela NBR 15575-4: 2021	Rw [dB] considerado no modelo de simulação
1	≥ 43	46
2	≥ 48	52
3	≥ 48	52
4	≥ 43	43
5	≥ 43	46
6	≥ 48	45
7	≥ 43	41
8	≥ 43	46
9	≥ 43	43
10	≥ 48	46

Discussão e Análise dos resultados

Comparando os Estudos de casos 1, 5 e 8, tem-se a mesma situação em análise: divisória entre salas/cozinhas de unidades distintas, e, portanto, os mesmos requisitos normativos: DnTw mínimo de 40 dB. Deve ser verificado, ainda, que o Rw entre os três estudos de caso citados é o mesmo, uma vez que, conforme Tabela 2, a composição é idêntica. Mesmo com essas características similares, no Estudo de caso 1, o resultado do ensaio em campo foi de 40 dB; no Estudo de caso 5, 44 dB; e no Estudo de caso 8, resultado ensaiado de 46 dB. É possível verificar uma grande variação nos resultados de DnTw obtidos, tanto por meio de medições como nas simulações, entre os três casos avaliados, ainda que tenha sido utilizada a mesma composição. A partir desse resultado, é possível concluir que uma mesma composição pode ser suficiente em uma determinada situação ou em um edifício, mas não em outro. Isso se deve à complexibilidade do problema em questão, sendo evidenciada a importância de estudos e simulações dos edifícios residenciais.

Analisando de forma particular o Estudo de caso 1, verifica-se que a norma sugere a utilização de uma composição com Rw mínimo de 43 dB. Nesse edifício, foi utilizada uma composição com Rw de 46 dB e o resultado obtido *in loco* foi equivalente ao limite de atendimento da norma de desempenho, DnTw igual a 40 dB. Dessa forma, caso a opção fosse pela não realização de uma simulação de desempenho acústico, mas pela definição da composição conforme recomendação da própria norma, provavelmente o requisito normativo não seria atendido. Nessa situação, a norma levaria o projetista a um erro de concepção, o qual provavelmente seria verificado somente em fase final de obra, sendo necessária uma solução provavelmente mais robusta e custosa, visto que soluções mais simples e sem alteração da área interna dos ambientes, como troca do fornecedor ou tipo do bloco, não seriam mais possíveis.

Essa situação também pode ser verificada nos casos 2 e 3: foi utilizada uma composição com Rw consideravelmente acima do valor recomendado pela norma, mas os requisitos da norma de DnTw foram atendidos praticamente no limite, especialmente no Estudo de caso 3.

Já nos Estudos de caso 6, 7 e 10, foram utilizadas composições com Rw menores que as sugeridas na Tabela F da norma e, mesmo assim, foram atingidos os valores de DnTw. Nessas situações, seguir os valores de Rw recomendados pela norma poderia fazer com que a construtora gastasse mais, seja em uma solução com material específico e/ou com uma mão de obra especializada, sem a real necessidade desse custo adicional.

A partir desses resultados e análises, é possível concluir que a Tabela F da parte 1 da NBR 15575-4 (ABNT, 2021b) não é adequada para o auxílio de projetistas e construtores na tomada de decisões em fase de projeto. Cada situação deve ser avaliada especificamente, a fim de verificar todas as variáveis e interferências envolvidas e, apenas após essa análise individual e detalhada, realizada por meio de simulações de isolamento acústico dos

edifícios, definir se há necessidade de uma solução. Em caso afirmativo, deve-se simular diferentes cenários a fim de encontrar a melhor solução.

De forma geral, a análise das Tabelas 3 e 4 permitem concluir que os resultados obtidos possuem variações e não apresentam constância de assertividade.

Conclusões

Levando em consideração os valores obtidos e as análises apresentadas, pode-se concluir que a Tabela F da norma NBR 15575-4 (ABNT, 2021b) induz ao erro. Uma primeira tendência ao erro seria uma escolha equivocada da composição a ser utilizada, sendo verificado apenas na fase final da obra, por meio dos ensaios em campo, que o desempenho de DnTw da mesma norma, de caráter obrigatório, não foi atendido.

Em outras situações, entretanto, a situação é justamente a oposta: os valores de referência tendem à utilização de uma composição mais robusta, e, por isso, possivelmente mais custosa ao construtor.

Uma vez que os resultados de DnTw são complexos e dependem de diversos fatores geométricos dos ambientes e também construtivos, conclui-se que não pode ser utilizada uma regra generalista, como a apresentada na tabela em questão, que determina os valores de Rw a partir dos critérios de DnTw. Nesse sentido, existem simulações do isolamento acústico muito mais precisas, conforme apresentado no presente estudo, capazes de oferecer as respostas necessárias aos projetistas ainda em uma fase inicial de desenvolvimento de produto e projeto, evitando surpresas na obra, reclamações e despesas não previstas em orçamento.

Agradecimentos

Agradecemos à Giner pela disponibilidade do *software* SONArchitect para realização dos modelos de simulação dos estudos apresentados, bem como pela disponibilidade dos valores ensaiados em campo pela equipe de laboratório. Além disso, agradecemos o incentivo para realização de pesquisas importantes na área de atuação da empresa, como a apresentada.

Referências

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013a.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013b.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 16283 Acústica - Medição de campo de isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações. Parte 1 - Ruído aéreo. Rio de Janeiro, 2018.
- Fengler, B.; Rocha, R. R.; Sá, K. e Giner, J. C (2022). Comparação da norma EN 12354 versões 2000 e 2017 aplicada às simulações de desempenho acústico

em edificações. XII Congresso Ibero-americano de acústica e XXIX Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, Florianópolis, SC, Brasil.

International Organization for Standardization. ISO 12354: Building acoustics — estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements — part 1: Airborne sound insulation between rooms, 2017a.

International Organization for Standardization. ISO 12354: Building acoustics — estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements — part 2: Impact sound insulation between rooms, 2017b.

International Organization for Standardization. ISO 12354: Building acoustics — estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements — part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound, 2017c.