

Custo para implantação dos níveis de desempenho acústico da NBR 15575 em sistemas de vedações verticais

Cost for implementation of acoustic performance levels of NBR 15575 in vertical fence systems

Rafael Vigário Coelho(1); Abrahão Bernardo Rohden(2)

1 Fundação Universidade Regional de Blumenau, Brasil.

E-mail rafael.coelho@furb.br

2 Fundação Universidade Regional de Blumenau, Brasil.

E-mail arohden@furb.br

Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, vol. 5, n. 2, p. 35-53, Jul.-Dez. 2018 - ISSN 2358-6508

[Recebido: Janeiro 14, 2018; Aceito: Outubro 31, 2018]

DOI: <https://doi.org/10.18256/2358-6508.2018.v5i2.2385>

Endereço correspondente / Correspondence address

Rua São Paulo, 3250 - Itoupava Seca

Blumenau – SC, Brasil.

CEP 89030-000.

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Editora: Luciana Oliveira Fernandes

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

Resumo

O desempenho das edificações residenciais brasileiras alcançou nova escala a partir da entrada em vigor, em 2013, da ABNT NBR 15575, a Norma de Desempenho. Esta norma traz exigências que vários sistemas de uma edificação devem cumprir para que atendam aos níveis de desempenho mínimo, intermediário ou superior. Um dos sistemas prescritos é o de vedações verticais (externas e internas). O objetivo deste artigo é comparar o custo para adequação dos sistemas de vedações verticais interna e externa de uma edificação residencial multifamiliar aos três níveis de desempenho acústico da NBR 15575. Para isso analisou-se o pavimento tipo de um projeto de edificação residencial multifamiliar, compondo as tipologias necessárias para o atendimento das vedações verticais deste edifício aos três níveis de desempenho acústico da referida norma. A comparação de custo foi realizada entre níveis nas vedações externas e internas, e também entre diferentes materiais (blocos cerâmicos e drywall) nas paredes internas. Os resultados mostram que a diferença de custo para adotar os níveis de desempenho intermediário e superior nas vedações em relação ao nível mínimo é de aproximadamente 11% e 22%, nesta ordem, em relação ao custo das vedações verticais que atendam ao nível mínimo de desempenho. Estes consideráveis aumentos ocorrem principalmente por conta da grande influência que as esquadrias de alumínio e portas de madeira exercem sobre as vedações verticais, dado que o custo destes itens aumenta significativamente de acordo com seus desempenhos acústicos.

Palavras-chave: ABNT NBR 15575. Desempenho acústico. Sistemas de vedações verticais.

Abstract

Overall, the performance of Brazilian residential buildings reached a new pattern since the implementation, in 2013, of the Brazilian construction standard ABNT NBR 15575, also known as “Performance Standard”. This standard requires several building components to meet a mandatory minimum performance level, or intermediary or high, if desired. One of these components is wall framing (both external and internal). This particular study analyzed an architectural plan of a residential building, assembling different wall framings that are able to fully meet the three acoustic performance levels of the related standard. The cost comparison was made between these acoustic levels on all external and internal walls and among different materials (bricks and drywall) on internal walls. The results show the approximate cost increase in adopting intermediary or superior acoustic performance in walls is at, respectively, 11% and 22%, when compared to the cost of building walls that only meet the minimum performance level. These increases occur mostly due to the considerable influence that aluminum windows and wood doors present to the walls themselves, because their (windows and doors) costs are significantly higher according to their acoustic performances.

Keywords: ABNT NBR 15575. Cost. Acoustic performance. Wall systems.

1 Introdução

A busca pela melhoria no desempenho das edificações foi promovida internacionalmente com maior intensidade a partir da década de 1980. O *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB), organização internacional que busca o melhoramento das tecnologias construtivas através de estudos e divulgação de informações técnicas, foi uma das entidades com maior destaque nos estudos relacionados ao desempenho. A publicação da norma ISO 6241 (ISO, 1984) definiu uma série de requisitos para a especificação e avaliação de desempenho em edificações, dos sistemas de gestão de qualidade e da busca pela satisfação dos clientes.

Segundo Gibson (1982), “a abordagem de desempenho é, primeiramente, a prática de pensar e trabalhar em termos de fins ao invés de meios”. Não é mais a indicação de como a edificação deve ser construída e sim a preocupação com os requisitos que a edificação deve atender.

No território nacional e de maneira mais abrangente, o desempenho das edificações residenciais alcançou novo patamar a partir da publicação da primeira versão da NBR 15575 (ABNT, 2008). Por conta da dificuldade imposta aos projetistas, construtores e indústrias de materiais de construção pelos requisitos apresentados, o prazo inicial para exigibilidade desta norma foi estendido em cinco anos (2013), resultado da solicitação realizada pelas entidades brasileiras da indústria da construção. Neste período, as comissões técnicas revisaram e atualizaram o documento, e muitos fabricantes e construtores utilizaram este prazo para adequarem seus produtos e processos às solicitações.

O texto desta norma técnica estabelece parâmetros relativos a vários requisitos de uma edificação, de forma a promover segurança, habitabilidade e sustentabilidade em cinco diferentes sistemas: estruturais, de pisos, de vedações verticais internas e externas, de cobertura e hidrossanitários. Ela institui três níveis de desempenho: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S), sendo que cada sistema possui requisitos de desempenho para cada nível sendo que o as edificações precisam atender ao menos o nível mínimo. Dentro das exigências de habitabilidade está o desempenho acústico, ausente apenas nos sistemas estruturais. Este requisito, por sua vez, é um dos que possui maior dificuldade de atendimento, pois além da necessidade de cumprimento de um desempenho mínimo em diferentes sistemas da edificação, soluções pós-obra eficazes para melhoria de desempenho que não geram impacto visual são praticamente inexistentes, o que torna a fase de projeto extremamente importante para pleno atendimento da referida norma.

As mudanças ocorridas nas últimas décadas, com a utilização de estruturas, vedações e esquadrias mais leves e menos espessas acabaram por gerar impacto negativo quanto ao desempenho acústico das edificações. Isso acontece pois não

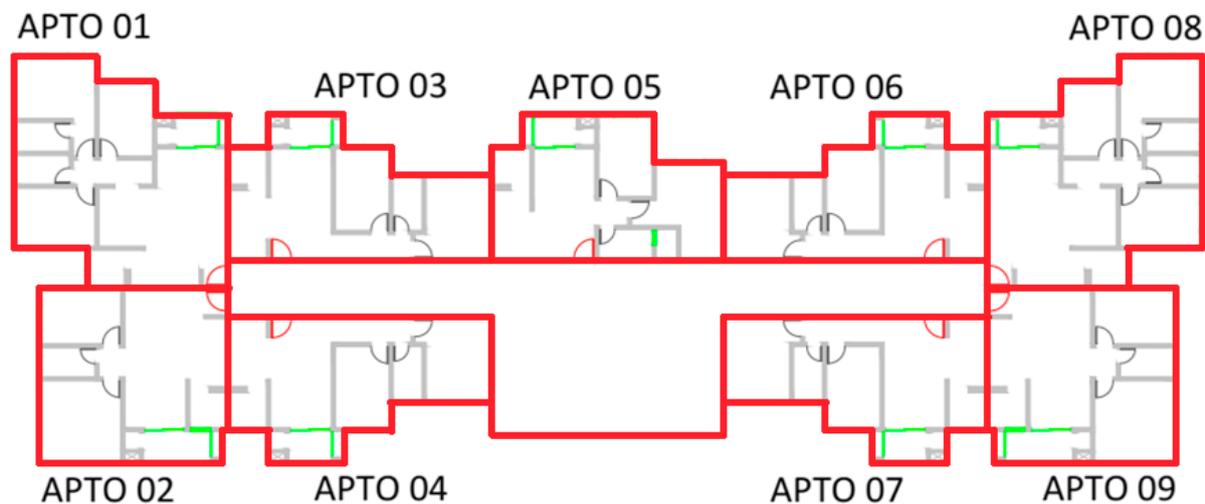
são empregados materiais isolantes acústicos (que podem preservar ou aprimorar o desempenho destes componentes). Para agravar o problema da queda do desempenho das esquadrias tem-se o acréscimo de ruídos produzidos nos centros urbanos.

Mesmo com a disponibilidade de soluções e produtos para melhoria do comportamento acústico em edificações, faltava conhecimento por parte dos projetistas na inserção destes aos projetos. Desde a publicação da NBR 15575 (ABNT, 2013) muitos ensaios para caracterizar o desempenho acústico de diferentes sistemas de vedação foram realizados. Os dados destes ensaios têm ajudado arquitetos e engenheiros a compreender os fatores que exercem influência positiva ou negativa no desempenho acústico das edificações. Assim, estes profissionais conseguem utilizar soluções mais apropriadas a cada projeto.

Através dos laudos, elaborados a partir dos resultados obtidos pelos materiais de construção nos ensaios, é possível especificar os sistemas que atendam aos requisitos mínimos da norma ou, quando pretendido, aos níveis intermediário e superior. O objetivo deste trabalho é fazer um estudo da adequação dos sistemas de vedações verticais de uma edificação residencial multifamiliar aos três níveis de desempenho da NBR 15575 (ABNT, 2013) e a avaliação das diferenças de custo na implantação de cada uma destas categorias.

2 Método

O presente trabalho utilizou o projeto de um edifício residencial multifamiliar em estrutura de concreto armado (pé-direito de 300 cm, laje maciça com espessura de 15 cm e vigas com 15 cm de largura e 60 cm de altura), com dez pavimentos tipo (figura 1) – inclusive o térreo – compostos por hall social e nove apartamentos cada pavimento, sendo dois com três dormitórios e o restante com dois dormitórios, com área privativa entre 50 e 70 m² (área total construída de 624,15 m² por pavimento), situado no município de Blumenau – Santa Catarina, para verificar as diferenças de valores na adequação dos sistemas de vedações verticais aos níveis de desempenho acústico estabelecidos pela Norma de Desempenho.

Figura 1. Planta baixa do pavimento tipo do edifício estudado

Fonte: Equipe de projeto modificada pelo Autor, 2018.

2.1 Vedações verticais externas (fachadas)

Dado o disposto na referida norma, que apresenta três classes de ruído para as edificações de acordo com suas localizações, a Lei Complementar nº 947/2014 de Blumenau/SC – que segue as recomendações da NBR 10151 (ABNT, 2000) e o recomendado pela Associação Brasileira para a Qualidade Acústica, classificou-se o edifício analisado como pertencente ao segundo grupo, sendo que o mesmo pode estar localizado em área estritamente residencial (onde os nível máximo de sons e ruídos é igual a 50 decibéis dB) ou em áreas mistas onde há predominantemente residenciais (55 dB), comerciais (60 dB) ou recreacionais (65 dB).

2.2 Vedações verticais internas

A próxima etapa consistiu em verificar as vedações verticais (internas e externas) que necessitam cumprir os requisitos da norma. De maneira simplificada, fazem parte deste grupo as paredes que: separam diferentes unidades habitacionais; separam dormitórios, salas ou cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual; separam uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas (não existente nesta edificação); junto às portas, separam unidades distintas pelo hall; separam o meio externo dos dormitórios (no caso, as vedações externas – paredes de fachadas).

Realizada a classificação, foram escolhidos os materiais necessários para a construção dos sistemas de vedações verticais que cumpram os níveis de desempenho. Foram utilizados os manuais técnicos e laudos de ensaios das empresas: Pauluzzi Blocos Cerâmicos, para seleção dos blocos cerâmicos; Gypsum Drywall, Knauf do

Brasil e Placo do Brasil, para seleção das placas de drywall; Kawneer, para seleção das esquadrias de alumínio; além de dados fornecidos pela empresa Scala dB, que presta assessoria e consultoria em acústica de edificações.

Para a seleção das vedações onde há esquadrias (fachadas e vedações internas que separam unidades distintas pelo hall), foi utilizada uma equação simplificada, obtida a partir da apresentada pela norma ISO 15712-3 (ISO, 2005). Consideram-se os índices de redução sonora individual (R_{wi}) dos componentes de vedação (alvenaria, janela e/ou porta) e suas respectivas áreas (A_i), e obtém-se a redução sonora do conjunto de vedação ($R_{w,equiv}$), em dB. Para cada nível de desempenho, foi utilizada a equação 1.

$$R_{w,equiv} = 10 \log \frac{A_{total}}{\sum_{i=0}^n A_i \times \zeta_i} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

$R_{w,equiv}$ = índice de redução sonora ponderado equivalente do conjunto, em dB;

A_{total} = área total da parede (parte cega e esquadria), em m²;

A_i = área de cada componente individual da vedação, em m²;

ζ_i = transmitância acústica de cada componente individual da vedação;

$\zeta_i = 10^{\frac{-R_{wi}}{10}}$, sendo ' R_{wi} ' o índice de redução sonora ponderado de cada

componente, em dB. Com os conjuntos parede ou parede e esquadria selecionados, foram criadas as composições orçamentárias (materiais e mão de obra) com dados provenientes das empresas citadas anteriormente (Pauluzzi, Gypsum, Knauf, Placo, Kawneer e Scala dB), da Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) da Editora PINI e do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) da Caixa Econômica Federal. Para o cálculo do custo da mão de obra, utilizou-se como referência os valores mínimos dispostos na Convenção Coletiva 2017/2018 do Sindicato da Indústria da Construção de Blumenau (Sinduscon), acrescido do valor médio dos encargos sociais para trabalhadores mensalistas, de 72,14%, fornecido pela SINAPI (SC) de setembro de 2017. É importante salientar que os valores monetários apresentados neste trabalho não incluem custos indiretos, também conhecidos como Benefícios e Despesas Indiretas (BDI). Após a elaboração destas planilhas de orçamento, foram obtidos os quantitativos a partir da planta baixa do pavimento tipo da edificação em estudo.

Ante o atendimento ao objetivo proposto pelo trabalho, a análise de custo proveio da comparação entre as diferentes composições elaboradas, informadas as quantidades de materiais e horas de mão de obra necessárias para a execução destas. Como não é possível o uso de placas de drywall em vedações externas, neste caso os sistemas analisados são apenas confrontados entre si pela atenuação acústica atendida por cada um. Nas vedações internas, são comparados os custos das vedações com blocos cerâmicos ou placas de drywall dentro da mesma exigência de desempenho acústico e entre os diferentes níveis de atendimento ao prescrito na norma.

Por fim, foram selecionados os sistemas de vedações verticais que apresentaram o menor custo para cada nível de desempenho acústico.

3 Resultados e Discussões

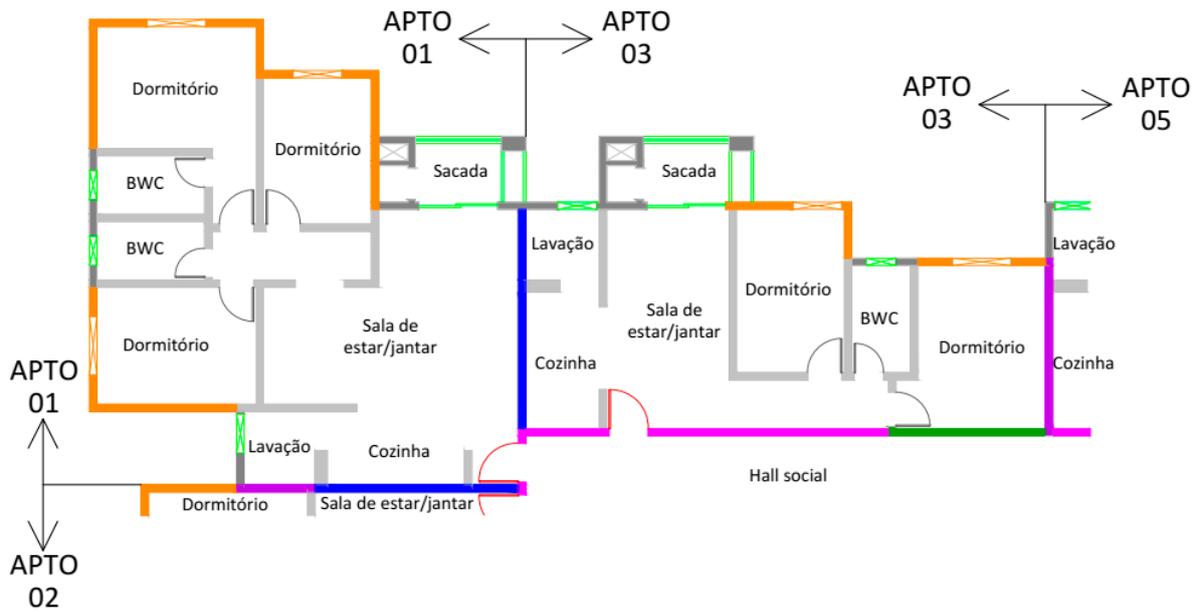
Após a escolha do projeto de uma edificação residencial multifamiliar e da classificação desta quanto às classes de ruído determinadas pela NBR 15575 (ABNT, 2013), deu-se prosseguimento à categorização de todas as vedações verticais dos pavimentos tipo do projeto adotado. Para melhor visualização desta categorização, foram utilizadas as cores e números conforme apresentado na figura 2. As cores empregadas para representar as categorias apresentadas na figura 2 serão utilizadas como legenda nas figuras 3 a 7 nas quais é feita a categorização vedações.

Figura 2. Categorias de desempenho das vedações verticais internas e externas de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013)

- 1 Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório
- 2 Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório
- 3 Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual
- 4 Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual
- 5 Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas
- 6 Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall
- 7 Conjunto de paredes externas e esquadrias (fachada), no caso do ambiente interno ser dormitório
- 8 Paredes comuns internas (sem exigências pela NBR 15575)
- 9 Paredes comuns externas (sem exigências pela NBR 15575)

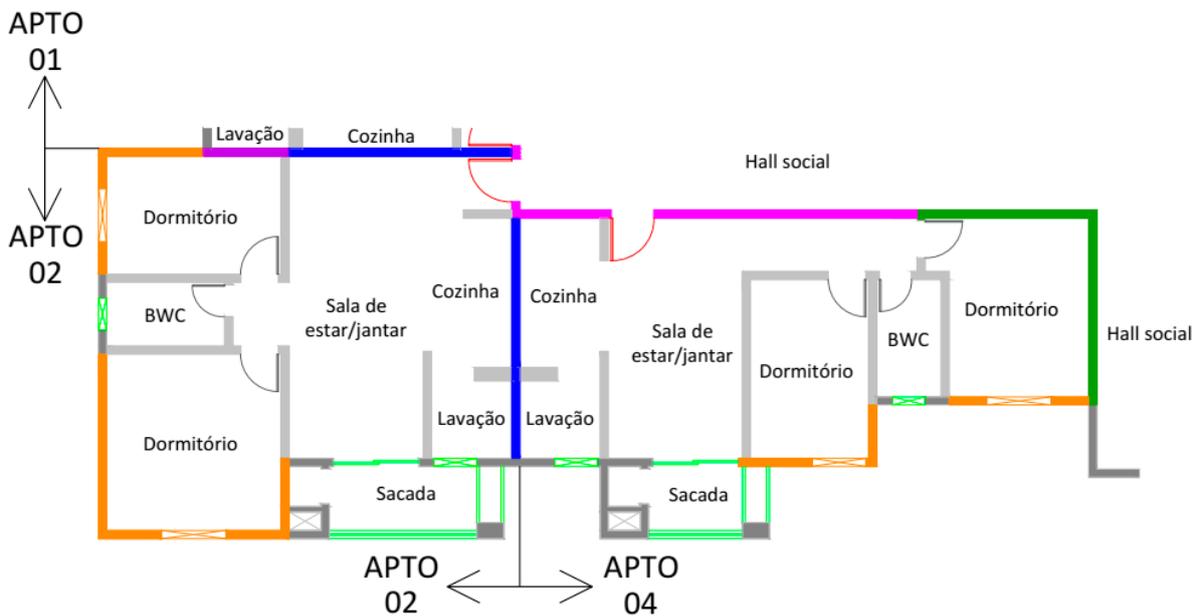
Os apartamentos 01 e 03 com as vedações verticais categorizadas segundo a Norma de Desempenho estão expostos na figura 3.

Figura 3. Classificação das vedações verticais internas e externas dos apartamentos 01 e 03 de acordo com os critérios da NBR 15575 (ABNT, 2013)



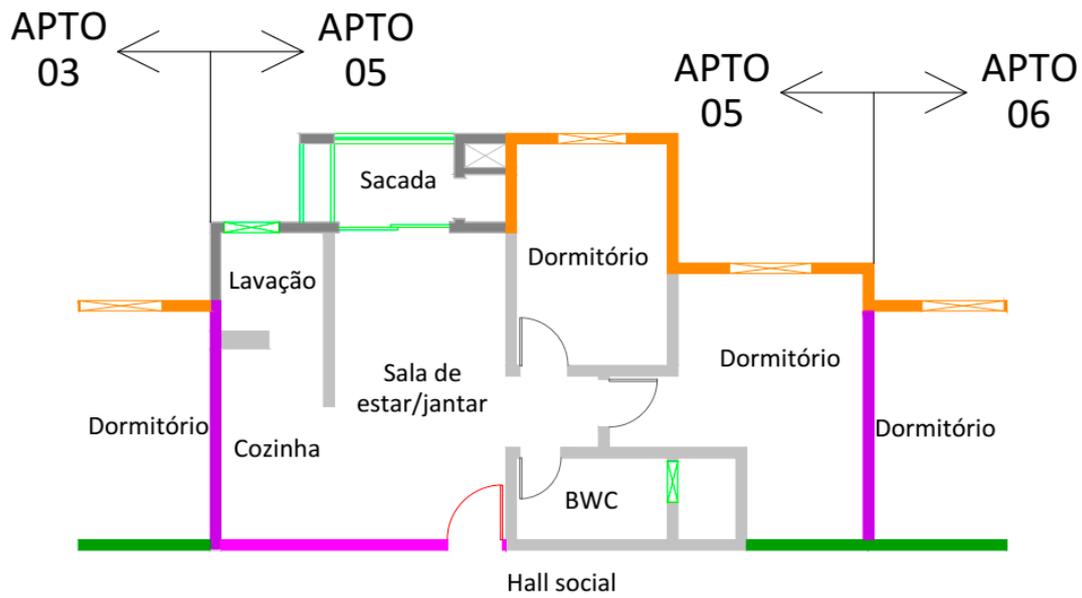
Os apartamentos 02 e 04, na figura 4.

Figura 4. Classificação das vedações verticais internas e externas dos apartamentos 02 e 04 de acordo com os critérios da NBR 15575 (ABNT, 2013)



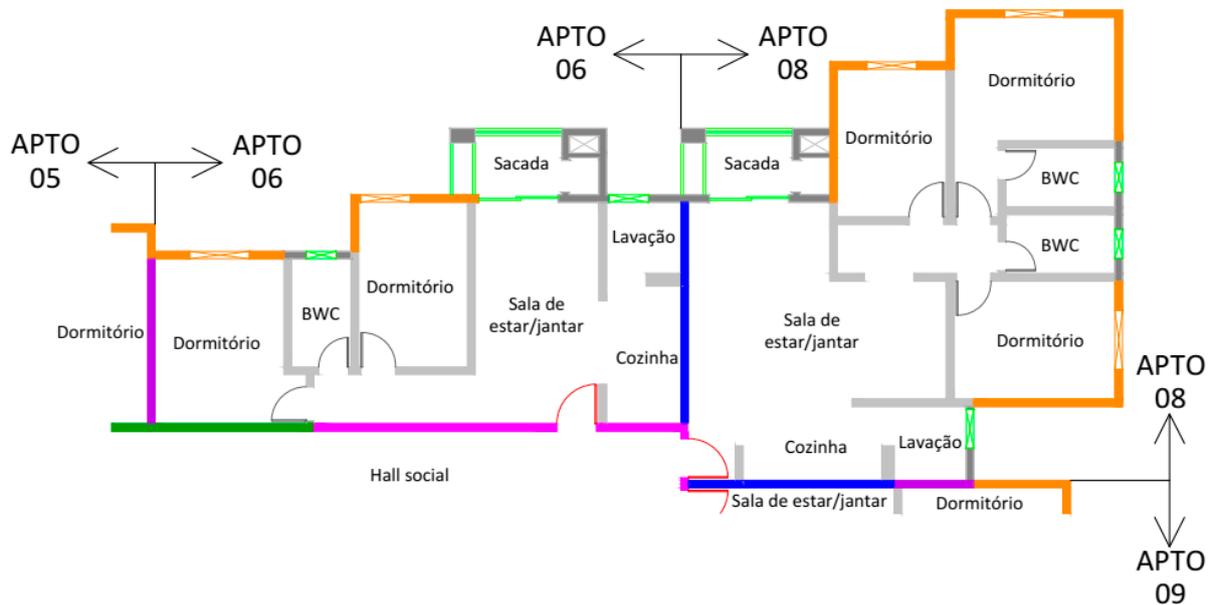
O apartamento 05 é mostrado na figura 5.

Figura 5. Classificação das vedações verticais internas e externas do apartamento 05 de acordo com os critérios da NBR 15575 (ABNT, 2013)



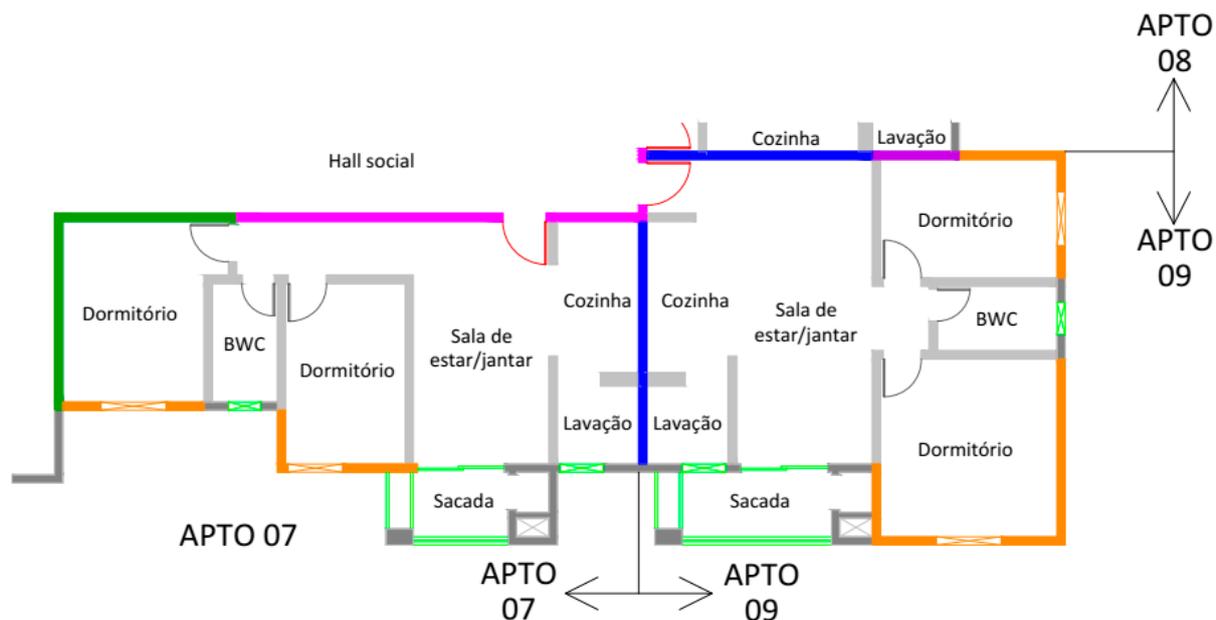
Os apartamentos 06 e 08, na figura 6.

Figura 6. Classificação das vedações verticais internas e externas dos apartamentos 06 e 08 de acordo com os critérios da NBR 15575 (ABNT, 2013)



Por fim, os apartamentos 07 e 09, apresentados na figura 7.

Figura 7. Classificação das vedações verticais internas e externas dos apartamentos 07 e 09 de acordo com os critérios da NBR 15575 (ABNT, 2013)



Com a classificação, foi possível quantificar as vedações de todo o pavimento tipo e a representatividade de cada categoria, como apresentado na tabela 1. A norma de desempenho não apresenta exigências para paredes dentro do apartamento somente para sua envoltória, por esse motivo há um percentual de vedações verticais.

Tabela 1. Quantidade e representatividade das vedações verticais de um pavimento tipo, por categoria

Classificação da parede	Comprimento (m)	Representatividade
1	26,30	6,64%
2	10,05	2,54%
3	21,95	5,54%
4 e 6	30,85	7,79%
5	0,00	0,00%
7	71,40	18,02%
8	172,10	43,44%
9	63,55	16,04%
TOTAL	396,20	100,00%

Posteriormente à classificação das vedações, iniciaram-se as consultas aos manuais fornecidos pelas empresas fabricantes de blocos cerâmicos, placas de drywall, esquadrias de alumínio e portas de madeira, o que possibilitou a seleção de sistemas que atendessem aos três níveis de desempenho acústico da norma de desempenho. As composições elaboradas, sem exceção, incluem todos os insumos e mão de obra necessários à execução das vedações verticais de um pavimento tipo. Na alvenaria

de blocos cerâmicos, estão incluídos os serviços de assentamento, colocação de contramarcos, chapisco, reboco (inclusive requadros de janelas e portas), contravergas e vergas. No sistema drywall, a colocação dos perfis (guias, cantoneiras e/ou montantes), colocação da lâ de vidro (quando necessária), fixação e/ou colagem das placas de gesso acartonado e tratamento das juntas. Em ambos os casos, as paredes ficam prontas para receber massas de acabamento e/ou pintura. Os orçamentos das esquadrias de alumínio e portas de madeira também incluem todos os insumos e mão de obra necessários para a execução dos serviços inerentes à instalação destes itens.

Em alguns casos, por conta da igualdade ou proximidade dos requisitos requestados pela norma, ou até mesmo pela impossibilidade (não existência de materiais mais acessíveis, por exemplo) da utilização de outros elementos para comporem os sistemas de vedações, foram utilizados os mesmos conjuntos para mais de uma categoria de vedação vertical. É importante salientar que todas as composições elaboradas para as vedações externas (paredes de fachada) são de alvenaria de blocos cerâmicos, consequência da impossibilidade do uso de drywall em paredes externas.

3.1 Vedações verticais externas (fachadas)

Quanto às vedações verticais externas, para atingir o índice R_w para classe de ruído II nas categorias mínimo ($R_w = 30$ dB), intermediário ($R_w = 35$ dB) e superior ($R_w = 40$ dB), foi levado em conta que a redução sonora proporcionada pelas esquadrias possui maior importância do que a assegurada pela alvenaria, pois, de modo geral, o isolamento das esquadrias é inferior ao das paredes. Em função disso, foi necessário escolher um conjunto de blocos cerâmicos e revestimento que forneça maior redução sonora do que a necessária para o sistema de fachada (parede e esquadria).

Outra constatação é a de que a utilização de paredes (blocos e revestimento) com melhor desempenho acústico (contanto que seja maior do que a isolamento pretendida pelo conjunto) pouco influencia na possibilidade de empregar esquadrias mais acessíveis e, por consequência, com menor capacidade de redução dos ruídos. Isto posto, optou-se para a totalidade das vedações verticais externas (inclusive nas paredes de fachada nos casos em que o ambiente interno não é dormitório) e na montagem das três composições concebidas uma combinação habitualmente utilizada em edificações residenciais multifamiliares: bloco cerâmico (tijolo) com furos horizontais e dimensões 14x19x29 cm (largura x altura x comprimento) e revestimento de reboco/massa única (argamassa mista de cimento, cal e areia) de 3 cm em cada face. A dissemelhança fica na escolha das esquadrias dos dormitórios, diferentes nos três casos.

Para obter os valores de R_w necessários para que as esquadrias, em conjunto com as paredes, atendessem aos requisitos da Norma de Desempenho, verificou-se no projeto arquitetônico a fachada mais desfavorável: a que apresentasse a maior relação entre a área de esquadria e a área de parede cega. Isto possibilitou a padronização das

esquadrias dos dormitórios (único ambiente com exigência normativa), bem como o atendimento à norma de todas as fachadas, de modo que os requisitos acústicos pudessem ser cumpridos. A relação menos favorável (0,142) foi verificada em nove dormitórios: área de parede cega igual a 7,05 m² e área de esquadria igual a 1,00 m².

Como a alvenaria de blocos cerâmicos furados 14x19x29 cm revestidos com argamassa de reboco (3 cm em cada face) fornece um $R_w = 45$ dB, calcularam-se os índices necessários para as esquadrias a partir desta informação, conforme a equação 1. Os resultados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Índices de redução sonora para as esquadrias dos dormitórios ($R_{w,esquadria}$)

A_{parede} (m ²)	$A_{esquadria}$ (m ²)	A_{total} (m ²)	$R_{w,parede}$ (dB)	$R_{w,total}$ (dB)	$R_{w,esquadria}$ (dB)
6,05	1,00	7,05	45	30	21,64
6,05	1,00	7,05	45	35	26,91
6,05	1,00	7,05	45	40	32,89

Com estes dados, foram escolhidas as esquadrias dos dormitórios, sendo que as dimensões destas, o tipo (correr) e o número de folhas (duas) são sempre iguais. Deve-se lembrar que as esquadrias dos demais ambientes não possuem requisitos mínimos a serem cumpridos pela norma. Para a composição do orçamento, foram escolhidas janelas de iguais características (linha, bitola dos perfis e vidro) às utilizadas para o nível mínimo dos quartos.

As esquadrias selecionadas para os dormitórios apresentam as reduções sonoras listadas na tabela 3.

Tabela 3. Índices de redução sonora para as esquadrias dos dormitórios

Descrição da esquadria	Nível	R_w (dB)
Janela de alumínio (perfis 25 mm), tipo correr, 2 folhas, 120x100 ou 100x100 cm, com vidro comum liso 6 mm	Mínimo	22
Janela de alumínio (perfis 25 mm), tipo correr, 2 folhas, 120x100 ou 100x100 cm, com vidro comum liso 6 mm e persiana manual integrada	Intermediário	28
Janela de alumínio (perfis 34 mm), tipo correr, 2 folhas, 120x100 ou 100x100 cm, com vidro duplo comum liso 4+4 mm (cavidade de ar 12 mm) e persiana manual integrada	Superior	36

Fonte: Dados fornecidos pelo fabricante, 2018.

3.2 Vedações verticais internas

As vedações internas, além da comparação de custo para alcance dos níveis de redução acústica da Norma de Desempenho, foram também confrontadas entre os sistemas de blocos cerâmicos e drywall, como anteriormente mencionado. Há, porém, um elemento comum entre os dois sistemas analisados: as portas, sendo que as de entrada devem ser criteriosamente selecionadas para atenderem à NBR 15575 (ABNT, 2013). As demais (que possuem a função de separarem ambientes de uma mesma residência) não são enquadradas nesta mesma norma técnica.

As portas de entrada dos apartamentos selecionadas fornecem as reduções sonoras listadas na tabela 4.

Tabela 4. Porcentagens

Descrição da esquadria	Nível	Rw (dB)
Kit porta pronta em madeira semi-sólida 90x210cm, lisa, pintura branca, e = 35 mm	Mínimo	25
Porta acústica em madeira sólida 90x210 cm, lisa, pintura branca, e = 60 mm	Intermediário	30
Porta acústica em madeira sólida 90x210 cm, lisa, pintura branca, e = 90 mm	Superior	35

3.2.1 Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos

Por conta das diferentes exigências de desempenho dentro de um mesmo nível (mínimo, intermediário ou superior), fez-se necessária a utilização de blocos com diferentes dimensões, pois os mais espessos e densos fornecem melhor isolamento acústica. A espessura do revestimento de reboco (massa única) foi fixada em 3 cm (como nas paredes de fachada) para todas as faces das paredes. Embora espessuras menores (entre 1,5 e 2,5 cm) são habitualmente utilizadas, o que traz economia de insumos e diminuição do tempo de execução do serviço, os ensaios acústicos realizados em paredes com 6 cm de espessura total de revestimento (ambas as faces) apresentaram resultados razoavelmente superiores, em consequência do aumento de massa (aproximadamente 30 kg/m² de parede).

As paredes apresentadas nas composições de blocos cerâmicos apresentam as reduções sonoras listadas na tabela 5.

Tabela 5. Índices de redução sonora das vedações verticais internas em blocos cerâmicos

Descrição da parede	Categoria(s) / Nível(is)	R _w (dB)
Blocos cerâmicos furados de vedação 9x19x29 cm, reboco 3 cm em cada face	8 (M, I)	40
Blocos cerâmicos furados de vedação 14x19x29 cm, reboco 3 cm em cada face	1, 3 (M) 4 (M, I)	45
Blocos cerâmicos furados de vedação 19x19x29 cm, reboco 3 cm em cada face	2 (M) 1, 3 (I)	50
Blocos cerâmicos estruturais 19x19x29 cm (fbk 6/7 MPa) preenchidos com areia, reboco 3 cm em cada face	2 (I)	55

Nos locais onde ocorre a mais rigorosa exigência, as paredes de geminação nas quais ao menos um dos ambientes é dormitório, foi necessário optar por uma solução incomum para atender ao nível intermediário ($R_w = 55$ dB): blocos cerâmicos estruturais (apenas com função de vedação), que possuem maior densidade quando comparados aos de vedação, preenchidos com areia no interior. O preenchimento acarreta em um acréscimo de massa significativo (100 kg/m^2 de parede). Para o nível superior, far-se-ia necessário adotar este sistema para as paredes de geminação onde não há dormitório e nas paredes cegas entre dormitórios e áreas comuns de trânsito eventual. Contudo, não foi possível analisar o custo para implantação do nível superior para as paredes separativas com ao menos um dormitório, pois não foi identificada (até a conclusão do presente trabalho) solução viável e ensaiada que atinja $R_w = 60$ dB, nos catálogos consultados.

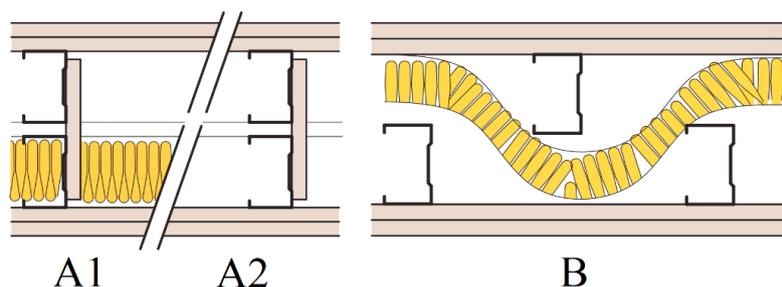
3.2.2 Drywall

O uso do sistema drywall em edificações de concreto armado com lajes maciças, como no projeto em estudo, embora menos econômico do que quando o mesmo é utilizado em edificações de concreto protendido com lajes planas (sem vigas), traz um importante ganho: para aperfeiçoar a estética dos ambientes internos, é desejável que as vigas (15 cm de largura) não fiquem aparentes. Em decorrência disso, as paredes proporcionam maior redução sonora, devido ao aumento da espessura dos conjuntos.

As paredes de drywall mais espessas dispensaram a necessidade de inserção de lãs minerais em alguns casos. Outro aspecto interessante é que há tipologias com características muito semelhantes, com espessura total, número e espessura individual de placas iguais, porém com índices R_w distintos. Isto ocorre pois existem conjuntos

DES (dupla estrutura separada), com os montantes instalados em ambos os lados sem ligação entre si, e conjuntos DEL (dupla estrutura ligada), onde os montantes são ligados por pedaços de placas de gesso acartonado com cerca de 30 cm de altura, espaçados a cada 1,00 m na vertical. Neste segundo caso, por haver ligação física entre as duas estruturas, existe a viabilidade de execução de maiores pés-direitos; além disso, são economicamente menos onerosos (dado o maior espaçamento entre montantes), porém a redução sonora é inferior por conta da ligação entre as estruturas, que auxilia a transmissão de vibrações causadas pelas ondas sonoras emitidas. Estas configurações são apresentadas na figura 8.

Figura 8. Estrutura DEL com lâ (A1) e sem lâ (A2); estrutura DES com lâ (B)



Fonte: Paredes Placostil – Placo Saint Gobain, 2014.

As paredes apresentadas nas composições de drywall apresentam as reduções sonoras listadas na tabela 6.

Tabela 6. Índices de redução sonora das vedações verticais internas em drywall

Descrição da parede	Categoria(s)/Nível(is)	R _w (dB)
Parede simples de drywall (2 x ST ou RU 12,5 mm), perfis 48 mm (DEL), dist. montantes (simples) 600 mm (e = 175 mm)	8 (M, I, S)	42
Parede separativa de drywall (4 x ST ou RU 12,5 mm), perfis 48 mm (DEL), dist. montantes (simples) 600 mm (e = 175 mm)	1, 3 (M) 4 (M, I, S)	48
Parede acústica de drywall (4 x ST ou RU 12,5 mm), perfis 70 mm (DES), dist. montantes (simples) 400 mm (e = 175 mm)	2 (M) 1, 3 (I)	53
Parede acústica de drywall (4 x ST 12,5 mm), perfis 70 mm (DES), dist. montantes (simples) 400 mm (e = 200 mm)	2 (I) 1, 3 (S)	59
Parede acústica de drywall (4 x ST 12,5 mm), perfis 70 mm (DES), dist. montantes (simples) 400 mm, lâ de vidro 70 mm (e = 200 mm)	2 (S)	64

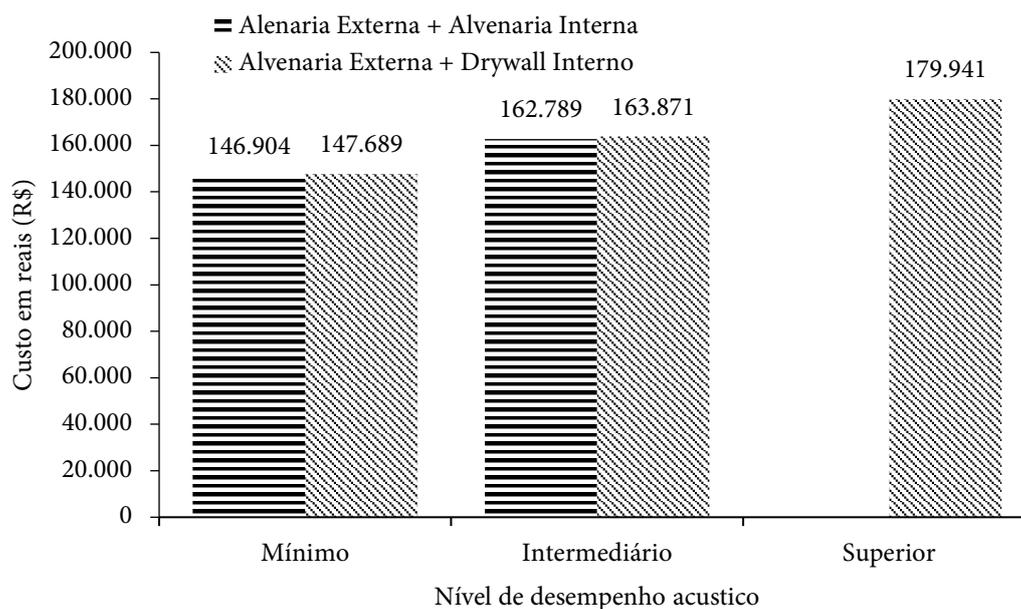
3.3 Discussões

Concluídos os levantamentos e as composições, é possível comparar os custos para a implantação dos níveis de desempenho acústico da Norma de Desempenho às vedações verticais do edifício analisado. Os valores apresentados na tabela 6 incluem paredes de fachada e esquadrias, nas vedações externas, e paredes internas e portas, nas vedações internas. Na figura 9 são apresentados os custos totais dos dois sistemas das vedações internas e externas para os três níveis de desempenho.

Tabela 6. Comparação de custo das vedações verticais, de acordo com seus níveis de desempenho acústico

Tipo de vedação		Nível de desempenho acústico		
		Mínimo	Intermediário	Superior
Vedações externas	Alvenaria	R\$ 63.173,26	R\$ 71.607,37	R\$ 80.168,14
	Drywall	R\$ 63.730,34	R\$ 71.181,17	-
Vedações internas	Alvenaria	R\$ 84.515,97	R\$ 92.263,76	R\$ 99.772,44
	Drywall	-	-	-

Figura 9. Custo total das vedações verticais internas e externas para cada nível de desempenho



Observa-se uma pequena diferença de custo a favor da utilização da alvenaria de blocos cerâmicos em todo o pavimento tipo (vedações externas e internas), pois o uso do sistema drywall nas vedações internas acarreta em um acréscimo de 0,53% (nível mínimo) e 0,67% (nível intermediário) sobre o valor total das vedações verticais de um pavimento. Contudo, um fator potencialmente preponderante para a utilização do drywall é a rapidez na execução deste tipo de fechamento utilizando o mesmo contingente de mão de obra.

Em relação aos níveis de desempenho, as diferenças são mais significativas: comparados aos valores das vedações que atendem ao nível mínimo, o aumento chega a 10,81% e 10,96% para alcançar o nível intermediário, utilizando apenas blocos cerâmicos ou blocos cerâmicos em conjunto com drywall, respectivamente. Como não foi possível elaborar uma composição de vedações internas em tijolos que atendessem plenamente ao nível de desempenho superior, é apenas exequível realizar a comparação utilizando paredes de gesso acartonado: isto posto, este sistema se apresenta 21,84% e 9,81% mais caro quando comparado ao custo das vedações de níveis mínimo e intermediário, respectivamente.

O custo estimado para construção desta edificação é de R\$ 10.859.710,68 (área construída de 6.241,50 m²), baseando-se no valor do índice fornecido pelo Sindicato da Indústria da Construção de Florianópolis (Sinduscon), o CUB/m² (custo unitário básico por metro quadrado), que para residencial padrão médio construído em Santa Catarina é igual a R\$ 1.739,92 (válido para novembro de 2017). Assim, o impacto no custo total da edificação é de 1,46% (apenas alvenaria) e 1,49% (alvenaria e drywall) para implementar as vedações verticais de nível intermediário, e de 2,97% para implementar as vedações (alvenaria e Drywall) de nível superior.

A NBR 15575 (ABNT, 2013) buscou alterar o patamar de qualidade das construções residenciais no Brasil. Indubitavelmente, a análise de custos realizada neste trabalho é um dos elementos de maior expressão na escolha dos sistemas de vedações verticais que atendam aos requisitos desta norma técnica.

4 Conclusão

O objetivo deste artigo foi comparar o custo para dos sistemas de vedações verticais interna e externa de uma edificação residencial multifamiliar que atendam aos três níveis de desempenho acústico da NBR 15575 (ABNT, 2013). As principais conclusões encontradas foram:

Para as vedações verticais internas a diferença de custo existente entre os sistemas de vedação vertical empregando alvenaria e drywall é bastante pequena.

Para o atendimento do nível intermediário de desempenho acústico o acréscimo de custo foi em média de 10,9% superior ao custo para atendimento do nível mínimo estabelecido pela norma.

Já para o atendimento do nível superior de desempenho acústico o acréscimo de custo foi de 21,8% superior ao custo para atendimento do nível mínimo estabelecido pela norma de desempenho.

Embora a diferença de valores encontrada entre a utilização de blocos cerâmicos ou drywall nas paredes internas (dentro de um mesmo nível de desempenho acústico) seja praticamente irrelevante, os acréscimos de custos são significantes quando

comparados os três níveis de desempenho entre si, impactando no custo final da obra. Por esta razão, as classes acústicas intermediária e superior ficam relativamente restritas aos imóveis de padrão superior, pois além de constituírem um interessante fator de venda para os construtores, formam um desejável motivo de aquisição de imóvel por parte dos compradores destas classes de residências, muitas vezes dispostos a pagarem para obterem melhor conforto acústico.

Referências

- AKKERMAN, Davi; PIERRARD, Juan Frias. *Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho*. São Paulo: Rush Gráfica e Editora, 2017. 32 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento*. Rio de Janeiro, 2000. 4 p.
- _____. *NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro, 2013. 60 p.
- _____. *NBR 15575-4: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas*. Rio de Janeiro, 2013. 57 p.
- GYPSUM. *Manual técnico para especificação e montagem de sistemas Gypsum Drywall*. Rio de Janeiro: Gypsum Drywall, 2014. 224 p.
- HOLTZ, Marcos. *Manual ProAcústica para Classe de Ruído das Edificações Habitacionais*. São Paulo: O Nome da Rosa Editora, 2017. 36 p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 15712-3: Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound*. Genebra, 2005.
- _____. *ISO 6241: Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered*. Genebra, 1984.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 6241: Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered*. Genebra, 1984.
- KAWNEER. *Desempenho acústico de esquadrias e NBR 15.575*. Santo André: Kawneer Brazil, 2016. 8 p.
- KNAUF. *Folheto técnico: Paredes Knauf*. Rio de Janeiro: Knauf Drywall, 2017. 24 p.
- MARTINS, José Carlos. *Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013*. Brasília: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013. 308 p.
- PLACO. *Guia Placo: Soluções Construtivas*. Mogi das Cruzes: Placo do Brasil, 2014. 224 p.
- SILVA, Maria Angélica Covelo. *Desempenho - Sistemas de alvenaria com blocos cerâmicos Pauluzzi*. Sapucaia do Sul: Pauluzzi Produtos Cerâmicos, 2015. 57 p.
- TCPO. *Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos*. 13. ed. São Paulo: PINI, 2008.