

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Fernanda Angst Vogt

VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO ENTREGÁVEL:

ESTUDO DE CASO DE EMPREENDIMENTOS DE UMA CONSTRUTORA DE PORTO  
ALEGRE/RS

Porto Alegre

2021

FERNANDA ANGST VOGT

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Luciani Somensi Lorenzi

Porto Alegre

2021

FERNANDA ANGST VOGT

Projeto de Pesquisa do Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Porto Alegre, 24 de novembro de 2021

Professora Luciani Somensi Lorenzi

Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Orientadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Luciani Somensi Lorenzi (UFRGS)**

Dra pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**José Alberto Azambuja (UFRGS)**

Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Morgane Bigolin (UFRGS)**

Dra pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais, Beno e Janete, e meu irmão Bernardo. Obrigada pelo carinho, apoio, incentivo e toda força que me deram, mesmo a distância.

Agradeço aos amigos que fiz no curso de Engenharia, vocês foram fundamentais.

Agradeço aos amigos que mantive de outras fases da vida, por nunca saírem do meu lado e continuarem sendo portos seguros.

Agradeço aos professores dos quais fui aluna, por me formarem como profissional e como ser humano, e à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo ensino de excelência e oportunidades.

Agradeço a minha orientadora, Luciani Somensi Lorenzi, pelos ensinamentos, pela dedicação e disponibilidade ao me auxiliar na elaboração deste trabalho.

## RESUMO

A Norma de Desempenho, ABNT NBR 15575: 2013 - Desempenho de edificações habitacionais, é vista como um divisor de águas na construção civil brasileira. Isso se deve ao fato de ela imputar que os empreendimentos sejam concebidos e executados de acordo com níveis de desempenho ao longo de toda sua vida útil.

Dessa forma, o presente trabalho propõe uma análise do desempenho entregável ao usuário quanto a ÁREA TEMÁTICA: DESEMPENHO ACÚSTICO. O método utilizado para atingir o objetivo foi um estudo de caso, no qual foram analisados resultados de ensaios em obras já finalizadas de uma construtora e incorporadora da cidade de Porto Alegre. Para tanto, o trabalho foi dividido em três etapas principais: (a) compreensão da NBR 15575, dos conceitos, requisitos, critérios e parâmetros quanto ao desempenho acústico; (b) compreensão do atendimento da NBR 15575 dentro da empresa; (c) análise dos resultados dos ensaios obtidos. Os resultados deste trabalho estão relacionados com a identificação de diferenças entre o desempenho projetado, proposto no perfil de desempenho da edificação – PDE e o desempenho entregável, ou seja, desempenho efetivo da edificação, antes da entrega ao usuário, e a dificuldades na generalização de resultados.

Palavras-chave: desempenho acústico, NBR 15575, desempenho efetivo

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	07
2. DIRETRIZES .....	09
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	09
2.2 JUSTIFICATIVA.....	09
2.3 OBJETIVO.....	10
2.4 DELIMITAÇÕES .....	10
2.5 LIMITAÇÕES.....	15
2.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
3. COMPREENSÃO DA ABNT NBR 15575 (ETAPA 1).....	17
3.1 TERMOS E DEFINIÇÕES GERAIS - NBR 15575.....	19
3.2 SISTEMA DE PISO E SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL INTERNO E EXTERNO .....	16
3.2.1 SISTEMA DE PISO.....	16
3.2.2 SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL INTERNO E EXTERNO .....	18
3.3 DESEMPENHO ACÚSTICO .....	18
3.3.1 Sistemas de Vedações Verticais (NBR 15575-4).....	18
3.3.2 Sistemas de Pisos (NBR 15575-3) .....	27
4. ESTUDO DE CASO .....	26
5. ADEQUAÇÃO E ATENDIMENTO DA EMPRESA À NORMA DE DESEMPENHO (ETAPA 2).....	35
5.1 RELAÇÃO ENTRE A NORMA DE DESEMPENHO E O SIAC.....	32
5.1.1 Análise do entorno .....	38
5.1.2 Perfil de Desempenho da Edificação (PDE) .....	38
5.1.3 Plano de Controle Tecnológico (PCT).....	39
6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS (ETAPA 3).....	36
6.1 ENSAIOS .....	36
6.1.1 Empreendimento A .....	36
6.1.2 Empreendimento B .....	46
6.1.3 Empreendimento C .....	51
6.1.4 Empreendimento D .....	50
6.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	53
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	60
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62

## 1. INTRODUÇÃO

A palavra desempenho é utilizada, de forma coloquial, pela sociedade e possui um significado amplo. Normalmente é feita a associação entre desempenho desejado e desempenho entregue. No dicionário de português da Google, proporcionado pela Oxford Languages, constam as seguintes definições:

1. ação ou efeito de desempenhar(-se);
2. cumprimento de obrigação ou de promessa; execução;
3. maneira como atua ou se comporta alguém ou algo, avaliada em termos de eficiência, de rendimento ("o d. do governo, de um atleta, de uma máquina").

No caso da construção civil, a NBR 15575 - Desempenho de edificações habitacionais (ABNT, 2013) -, conhecida como Norma de Desempenho, em vigor desde 19 de julho de 2013, define desempenho como o comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas. Lorenzi (2013) complementa dizendo que o conceito de desempenho está atrelado ao equilíbrio de três fatores: a função a qual se destina a edificação, o meio de exposição no qual está inserida e a composição dos sistemas construtivos adotados.

A norma explica que as normas de desempenho são estabelecidas justamente buscando atender às exigências dos usuários, diferentemente das normas técnicas prescritivas que estabelecem requisitos à construção dos sistemas, e a NBR 15575 estabelece parâmetros de desempenho quanto ao seu comportamento em uso - e não na prescrição de como os sistemas são construídos.

Importante ressaltar que, segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), as exigências dos usuários se referem ao comportamento dos edifícios, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado. Em concordância a isso, Gibson (1982), coordenador de uma das comissões de trabalho do CIB (*International Council for Research and Innovation in Building and Construction*) - organização internacional dedicada ao avanço da tecnologia da construção através de estudos de pesquisa e disseminação dessa informação – definiu desempenho como:

[...] primeiramente, e acima de tudo, a prática de se pensar em termos de fins e não de meios. A preocupação é com os requisitos que a construção deve atender e não com a prescrição de como esta deve ser construída, (GIBSON,1982)

Pela abordagem de desempenho, é possível entender e definir o que se espera de uma edificação. Sendo assim, a NBR 15575 regulamenta a avaliação do desempenho, o que serve para o conhecimento prévio do potencial comportamento em uso da edificação.

Segundo Borges e Sabbatini (2008), é um grande desafio traduzir as necessidades dos usuários em requisitos e critérios para que possam ser mensurados de maneira objetiva, dentro de determinadas condições de exposição e uso, e que sejam viáveis técnica e economicamente dentro da realidade de cada sociedade, região ou país. Isso porque as exigências do usuário são variáveis, crescentes e subjetivas, o que torna sua definição complexa. Nesse sentido, a norma serve como base.

A partir da homologação e entrada em vigor da NBR 15575, em 2013, iniciou-se a adequação de projetos e métodos construtivos frente às novas condutas envolvendo toda cadeia da construção civil - projetistas, consultores, fornecedores (de material e mão de obra), incorporadoras, construtoras e usuários.

No entanto, passados 8 anos da obrigatoriedade da norma muitas empresas ainda enfrentam dificuldades para atendê-la por diversas razões, segundo Vivan (2021), entre elas, cita-se o não entendimento de como compilar inspeções de qualidade durante o processo de desenvolvimento da edificação - que são recorrentes à comprovação do desempenho.

Cabe ressaltar que, conforme Parise (2018), a cadeia da construção civil, no geral, parece ainda não ter assimilado a dimensão da responsabilidade e dos riscos que assume ao não dar a devida importância à norma de desempenho ao não atingir o desempenho mínimo, além de não atender quesitos como satisfação e conforto dos clientes. Judicialmente, o ônus de eventuais danos materiais ou morais recai sobre os responsáveis - projetistas e construtoras, que, em tese, possuem conhecimento técnico para a execução do empreendimento e do projeto. Todavia, por incapacidade ou por negligência, não o demonstraram.



## **2. DIRETRIZES**

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão que orienta o trabalho é: com relação ao atendimento dos requisitos de desempenho, expostos na NBR 15575 (ABNT, 2013), para os estudos de caso analisados, qual desempenho acústico foi projetado e qual o desempenho efetivo foi conseguido durante a construção da edificação?

### **2.2 JUSTIFICATIVA**

A concentração de pessoas nos condomínios e o tempo de permanência de cada um nas áreas de uso privativo, atrelada à proibição de circulação e de uso das áreas comuns, além do estresse causado pela situação em geral durante a pandemia, intensificou alguns conflitos.

Relatos de perturbação da ordem se multiplicaram desde o início da pandemia. Segundo notícia da GaúchaZH (2020), reclamações de barulho entre vizinhos já tinham aumentado 32% em 29 de maio de 2020, considerando os meses de distanciamento social - março, abril e maio - frente aos anteriores. Segundo a pesquisa “Condomínios e Covid-19”, realizada pelo SíndicoNet, o barulho foi o principal motivo de reclamações dos moradores durante a pandemia, apontado, conforme informa a notícia do UOL (2020), por aproximadamente 60% dos mais de 2.000 participantes, entre síndicos e gestores.

Os relatos expõem uma necessidade humana quanto à habitabilidade, que envolve o desempenho das edificações quanto à questão acústica e o conforto - ou não - do usuário.

Apesar de sermos afetados por ruídos em todos os lugares, segundo Borges (2021), a sensibilidade maior para o desempenho acústico está nas habitações. Pessoas que moram em regiões com pouco ruído externo, por exemplo, tendem a se incomodar mais com o barulho dos seus vizinhos do que outras que moram em regiões com alto nível de ruído externo. Numa habitação, a responsabilidade pelo bom desempenho acústico depende do poder público (que controla os ruídos externos provenientes de inúmeras fontes, dentre elas, obras em execução no entorno), da engenharia (na concepção e execução dos empreendimentos imobiliários) - que já avançou muito na questão devido à Norma de Desempenho - e do comportamento dos usuários, especialmente em condomínios.

Segundo notícia do EL PAÍS (2019), a poluição sonora é a segunda causa de doença por motivo ambiental, ficando atrás somente da poluição atmosférica. Entre os problemas que provoca não estão somente os auditivos, também se destacam o estresse e a ansiedade. Assim sendo, para Borges (2021), a gestão do ruído urbano é questão de saúde pública.

### 2.3 OBJETIVO

O objetivo principal do trabalho é fazer a comparação entre o desempenho acústico projetado e o desempenho efetivo, após a construção da edificação.

Como objetivos secundários tem-se:

- a) o conhecimento detalhado da área temática: desempenho acústico;
- b) entender a correlação entre o desempenho projetado e o desempenho efetivo,

### 2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a fazer a análise comparativa do desempenho acústico projetado e do desempenho acústico efetivo (entregável ao usuário) de quatro empreendimentos de uma construtora e incorporadora da cidade de Porto Alegre/RS, referente ao sistema de piso (SP) e sistema de vedação vertical interna e externa (SVVIE).

### 2.5 LIMITAÇÕES

Algumas limitações se fizeram necessárias para viabilizar a realização do presente trabalho. Dentre elas se destacam:

- a) Não é abordada a totalidade da NBR 15575;
- b) Não foram realizados novos ensaios, foram utilizados ensaios de material disponibilizado pela construtora e incorporadora;
- c) Não foi possível obter resultados para este trabalho com de acordo com a nova versão da norma de desempenho referente a área temática de desempenho acústico.

## 2.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi dividido nos seguintes capítulos:

Capítulo 1 - Apresenta a norma de desempenho, NBR 15575 (ABNT, 2013).

Capítulo 2 - Apresenta o trabalho e a justificativa da escolha do tema. Também são apresentados os objetivos, delimitação, limitantes da pesquisa e a estrutura do trabalho.

Capítulo 3 - Destina-se ao entendimento da estrutura da norma de desempenho, expõe termos e definições da NBR 15575 relevantes para o entendimento do trabalho e apresenta a relação dos requisitos, critérios, parâmetros e métodos avaliativos da norma quanto ao desempenho acústico. (ETAPA 1)

Capítulo 4 - São exibidos os empreendimentos escolhidos para estudo de caso e a respectiva incorporadora/construtora.

Capítulo 5 - É apresentada a forma que a empresa atende à norma de desempenho e o SiAC. (ETAPA 2)

Capítulo 6 - São expostos os resultados dos ensaios e é feita uma avaliação dos resultados coletados e uma breve discussão. (ETAPA 3)

Capítulo 7 - São exibidas as conclusões e considerações finais.

### 3. COMPREENSÃO DA ABNT NBR 15575 (ETAPA 1)

A ABNT NBR 15575: 2013 - Desempenho de edificações habitacionais - é formada por seis partes. Enquanto a primeira apresenta os requisitos gerais que se aplicam aos edifícios conforme as exigências principais dos usuários, as outras cinco partes são referentes a cada sistema presente em uma edificação: sistemas estruturais, sistemas de pisos, sistemas de vedações verticais internas e externas, sistemas de cobertura e sistemas hidrossanitários.

As exigências dos usuários são divididas em 3 grandes áreas: segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Cada área de exigência do usuário é subdividida em responsabilidades. A relação entre as áreas de exigência do usuário e as responsabilidades, traduzidas em requisitos, é apresentada na figura 1.

Figura 1 - Tabela das exigências dos usuários expressas em requisitos, ABNT NBR 15575 (2013)

<b>Exigências do Usuário</b>	<b>Requisitos</b>
<b>Segurança</b>	Segurança Estrutural
	Segurança Contra o Fogo
	Segurança no Uso e na Operação
<b>Habitabilidade</b>	Estanqueidade à água
	Desempenho Térmico
	Desempenho Acústico
	Desempenho Lumínico
	Saúde, Higiene e Qualidade do Ar
	Funcionalidade e Acessibilidade
	Conforto Tátil e Antropodinâmico
<b>Sustentabilidade</b>	Durabilidade
	Manutenibilidade
	Impacto Ambiental

Fonte: Análise crítica e proposições de avanço nas metodologias de ensaios experimentais de desempenho à luz da ABNT NBR 15575 (2013) para edificações habitacionais de interesse sociais térreas.(LORENZI, 2013)

Isso quer dizer que os requisitos dos usuários devem ser atendidos de forma a promover segurança, habitabilidade e sustentabilidade, tendo para cada um desses tópicos solicitações particulares e expressas pelos fatores que podem ser vistos na figura 2, que compõe a matriz das divisões da norma em primeiro nível.

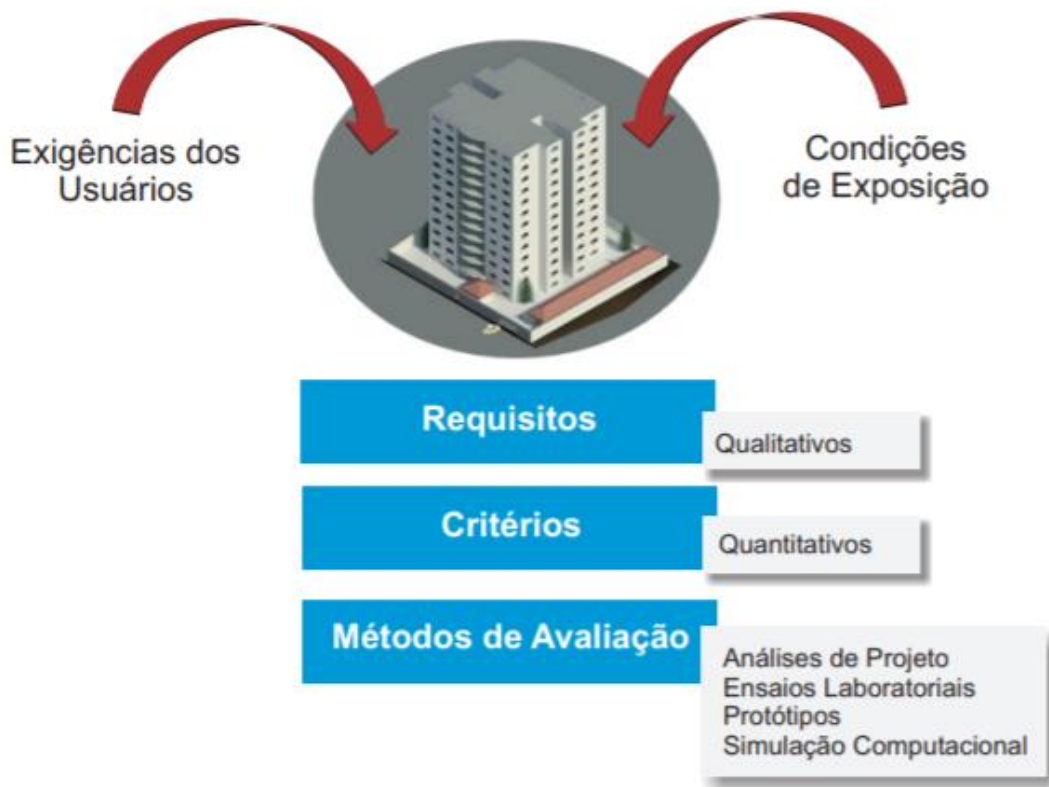
Figura 2 - Matriz da estrutura da norma ABNT NBR 15575 (2013)

		Requisitos dos Usuários												
		Segurança Estrutural	Segurança contra Incêndio	Segurança no Uso e Operação	Desempenho Acústico	Desempenho Térmico	Desempenho Luminico	Estanqueidade	Saúde, Higiene e Qualidade do Ar	Acessibilidade	Conforto Antropodinâmico e Tátil	Durabilidade	Manutenibilidade	Impacto Ambiental
Partes da Norma	Parte 1: Requisitos gerais													
	Parte 2: Sistemas estruturais													
	Parte 3: Sistemas de pisos													
	Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas													
	Parte 5: Sistemas de coberturas													
	Parte 6: Sistemas hidrossanitários													

Fonte: Guia para Arquitetos na aplicação da norma de desempenho (AsBEA, 2015)

Vale ressaltar que, segundo Lorenzi (2013), a NBR 15575 tem como objetivo estabelecer a regularização e avaliação de desempenho de edificação às exigências dos usuários, quanto ao comportamento em uso, por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação (os quais devem permitir a mensuração do seu cumprimento). A figura 3 demonstra esta afirmação através de resumo esquemático.

Figura 3 - Resumo esquemático da estruturação da norma ABNT NBR 15575 (2013)



Fonte: Guia para Arquitetos na aplicação da norma de desempenho (AsBEA, 2015)

É importante ressaltar que foi utilizada a NBR 15575 (2013), visto que a nova versão (2021) foi publicada em 29 de setembro de 2021, quando o trabalho estava em andamento.

### 3.1 TERMOS E DEFINIÇÕES GERAIS - NBR 15575

A NBR 15575 - Edificações habitacionais — Desempenho, apresenta, na primeira de suas seis partes, NBR 15575-1 - Requisitos gerais, definições acerca de termos gerais abordados ao longo da norma. Os termos e definições relevantes para o entendimento do presente trabalho estão dispostos a seguir.

a) Desempenho: Comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas;

b) Norma de desempenho: conjunto de requisitos e critérios estabelecidos para uma edificação habitacional e seus sistemas, com base em exigências do usuário, independentemente da sua forma ou dos materiais constituintes;

c) Sistema: A maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir com uma macrofunção que a define (exemplo: fundação, estrutura, vedações verticais, instalações hidrossanitárias, coberturas);

d) Elemento: parte de um sistema com funções específicas. Geralmente é composto por um conjunto de componentes (por exemplo, parede de vedação de alvenaria, painel de vedação pré-fabricado, estrutura de cobertura);

e) Componente: Unidade integrante de determinado sistema da edificação, com forma definida e destinada a atender funções específicas (por exemplo, bloco de alvenaria, telha, folha de porta);

f) Requisitos do usuário: Conjunto de necessidades do usuário da edificação habitacional a serem satisfeitas por este (e seus sistemas), de modo a cumprir com suas funções;

g) Requisitos de desempenho: Condições que expressam qualitativamente os atributos que a edificação habitacional e seus sistemas devem possuir, a fim de que possam atender aos requisitos do usuário;

h) Condições de exposição: Conjunto de ações atuantes sobre a edificação habitacional, incluindo cargas gravitacionais, ações externas e ações resultantes da ocupação;

i) Critérios de desempenho: Especificações quantitativas dos requisitos de desempenho, expressos em termos de quantidades mensuráveis, a fim de que possam ser objetivamente determinados;

j) Especificações de desempenho: Conjunto de requisitos e critérios de desempenho estabelecidos para a edificação ou seus sistemas. As especificações de desempenho são uma expressão das funções requeridas da edificação ou de seus sistemas e que correspondem a um uso claramente definido; no caso desta parte da ABNT NBR 15575, estas especificações referem-se a edificações habitacionais;

k) Garantia legal: Direito do consumidor de reclamar reparos, recomposição, devolução ou substituição do produto adquirido, conforme legislação vigente;

l) Garantia contratual: Condições dadas pelo fornecedor por meio de certificado ou contrato de garantia para reparos, recomposição, devolução ou substituição do produto adquirido;

m) Manual de uso, operação e manutenção: Documento que reúne as informações necessárias para orientar as atividades de conservação, uso e manutenção da edificação e operação dos equipamentos - também conhecido como “manual do proprietário”, quando aplicado para as unidades autônomas, e “manual das áreas comuns” ou “manual do síndico”, quando aplicado para as áreas de uso comum.

### 3.2 SISTEMA DE PISO E SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL INTERNO E EXTERNO

Nas partes sequenciais da norma são apresentadas e descritas as definições específicas. Os termos e definições relevantes para o entendimento do presente trabalho, das partes 3 - Requisitos para os sistemas de pisos e 4 - Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE.

#### 3.2.1 Sistema de piso

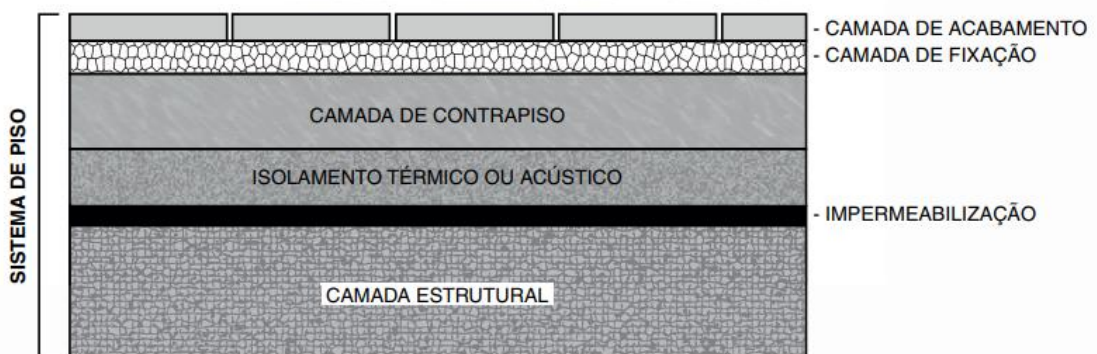
a) Ruído de impacto: Som produzido pela percussão sobre um corpo sólido e transmitido através do ar;

b) Ruído aéreo: Som produzido e transmitido através do ar;

c) Sistema de piso: Sistema horizontal ou inclinado composto por um conjunto parcial ou total de camadas (por exemplo, camada estrutural, camada de contrapiso, camada de fixação, camada de acabamento) destinado a atender à função de estrutura, vedação e tráfego, conforme os critérios definidos na ABNT NBR 15575-3. Outros tipos de sistemas de pisos podem apresentar diferenças significativas ao exemplificado, como pisos elevados ou flutuantes, os requisitos também se aplicam a eles.



Figura 4 – Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos



Fonte: NBR 15575-3 - Requisitos para os sistemas de pisos (ABNT NBR 15575-3, 2013)

d) Isolamento acústico do sistema de piso: Conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas com a finalidade de atenuar a passagem de ruídos;

e) Camada de contrapiso: Estrato com as funções de regularizar o substrato, proporcionando uma superfície uniforme de apoio, coesa, aderida ou não, e adequada à camada de acabamento, podendo eventualmente servir como camada de embutimento, caimento ou declividade;

f) Camada de acabamento do sistema de piso: Composta por um ou mais componentes (por exemplo, laminados, placas cerâmicas, vinílicos, revestimentos têxteis, rochas ornamentais, madeiras, rejuntas, componentes de juntas etc.) destinado a revestir a superfície do sistema de piso e atender a funções de proteção e acabamento estético e funcional;

g) Camada estrutural do sistema de piso: Constitui o elemento resistente às diversas cargas do sistema de pisos;

h) Áreas de uso privativo: Áreas cobertas ou descobertas que definem o conjunto de dependências e instalações de uma unidade autônoma, cuja utilização é privativa dos respectivos titulares de direito;

i) Áreas de uso comum: Área coberta e/ou descoberta situada nos diversos pavimentos da edificação e fora dos limites de uso privativo, que pode ser utilizada em comum por todos ou por parte dos titulares de direito das unidades autônomas;

### 3.2.2 Sistema de vedação vertical interno e externo

j) Sistemas de vedação vertical interno e externo (SVVIE): Partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas;

k) Ensaio de tipo: Ensaios de conformidade de um sistema de vedação vertical interna ou externa, com base em amostras representativas que reproduzam as condições de projeto e de utilização.

## 3.3 DESEMPENHO ACÚSTICO

Segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), a edificação deve apresentar isolamento acústico adequado:

1. das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional;
2. entre áreas comuns e privativas e entre áreas privativas de unidades autônomas diferentes.

Vale ressaltar outras duas normas que são documentos indispensáveis à aplicação da norma de desempenho quanto ao desempenho acústico:

- ABNT NBR 10151, Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento;
- ABNT NBR 10152, Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento.

### 3.3.1 Sistemas de Vedações Verticais (NBR 15575-4)

Em se tratando das vedações externas (SVVE - FACHADAS):

Tem como **requisito** propiciar condições mínimas de desempenho acústico da edificação, com relação a fontes normalizadas de ruídos externos aéreos.

O **critério** é a diferença padronizada de nível ponderada a 2 m de distância da fachada ( $D_{2m,nT,w}$ ), promovida pela vedação externa (fachada, nos edifícios multipiso), verificada pelo

método de engenharia (realizado em campo), conforme método descrito na ISO 140-5. O ensaio determina, de forma rigorosa, o isolamento sonoro global da vedação externa, caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema.

A norma estabelece os níveis mínimos (M) de desempenho para cada requisito, que devem ser atendidos, conforme pode ser visto na figura 5.

Figura 5 – Tabela com os valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{2m,nT,w}$ , da vedação externa de dormitório para ensaios de campo

<b>Classe de ruído</b>	<b>Localização da habitação</b>	<b><math>D_{2m,nT,w}</math> dB</b>
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	$\geq 20$
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	$\geq 25$
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	$\geq 30$

NOTA 1 Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há requisitos específicos.  
NOTA 2 Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias, há necessidade de estudos específicos.

Fonte: NBR 15575-4 - Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE (ABNT NBR 15575-4, 2013)

Considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, com uma análise de valor da relação custo/benefício dos sistemas, também são indicados os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S), conforme mostra a figura 6. Recomenda-se que sempre seja informado o nível de desempenho dos sistemas que compõem a edificação habitacional, quando exceder o nível mínimo (M).

Figura 6 –Tabela completa com os valores da diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{2m,nT,w}$ , da vedação externa de dormitório para ensaios de campo e indicação do respectivo nível de desempenho

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 esteja de acordo com a legislação	$\geq 30$	M
		$\geq 35$	I
		$\geq 40$	S

Fonte: NBR 15575-4 - Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE (ABNT NBR 15575-4, 2013)

Na norma também são apresentados valores de referência considerando ensaios realizados em laboratório em componentes, elementos e sistemas construtivos. Para avaliar um projeto com diversos elementos, é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto.

Vale ressaltar que os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ( $D_{2m,nT,w}$ ) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório ( $R_w$ ). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas.

Em se tratando das vedações internas (SVVI):

Tem como **requisito** propiciar condições de isolamento acústica entre as áreas comuns e ambientes de unidades habitacionais e entre unidades habitacionais distintas.

O **critério** é a diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ), promovida pela vedação entre ambientes, verificada pelo método de engenharia (realizado em campo), conforme método descrito na ISO 140-4. O ensaio determina, de forma rigorosa, o isolamento sonoro global entre unidades autônomas e entre uma unidade e áreas comuns, caracterizando de forma direta.

A norma estabelece os níveis mínimos (M) de desempenho para cada requisito, que devem ser atendidos, conforme pode ser visto na figura 7. Considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, com uma análise de valor da relação custo/benefício dos sistemas,

também são indicados os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S), conforme mostra a figura 7. Recomenda-se que sempre seja informado o nível de desempenho dos sistemas que compõem a edificação habitacional, quando exceder o nível mínimo (M).

Figura 7 – Tabela completa com os valores da diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{nT,w}$ , de isolamento a ruído aéreo entre ambientes e indicação do respectivo nível de desempenho

Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de vedações verticais internas (paredes)				
Parâmetro	Elemento	Desempenho		
		MÍN	INT	SUP
Diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ )	Paredes entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação) nas situações onde não haja ambiente dormitório	<b>≥ 40 dB</b>	≥ 45 dB	≥ 50dB
	Paredes entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação) no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	<b>≥ 45 dB</b>	≥ 50 dB	≥ 55 dB
	Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos	<b>≥ 40 dB</b>	≥ 45 dB	≥ 50 dB
	Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadarias nos pavimentos	<b>≥ 30 dB</b>	≥ 35 dB	≥ 40 dB
	Parede cega entre unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	<b>≥ 45 dB</b>	≥ 50 dB	≥ 55 dB
	Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas por um hall ( $D_{nT,w}$ ) obtida entre as unidades	<b>≥ 40 dB</b>	≥ 45 dB	≥ 50 dB

Obs.: Valores em negrito são normativos (obrigatórios) e os demais informativos.

Fonte: Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho: Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15575:2013 Edificações habitacionais – Desempenho. (ProAcústica Associação Brasileira para a Qualidade Acústica, 2013).

Na norma também são apresentados valores de referência considerando ensaios realizados em laboratório em componentes, elementos e sistemas construtivos. Para avaliar um projeto com diversos elementos, é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto.

Vale ressaltar que os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ( $D_{nT,w}$ ) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório ( $R_w$ ). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas.

### 3.3.2 Sistemas de Pisos (NBR 15575-3)

Em se tratando de ruído de impacto:

Tem como **requisito** propiciar condições mínimas de desempenho acústico no interior da edificação, com relação a fontes padronizadas de ruídos de impacto.

O **critério** é a diferença padronizada de nível de pressão sonora de impacto-padrão ponderado ( $L_{nT,w}$ ), verificada pelo método de engenharia (realizado em campo), conforme método descrito na ISO 140-7. O ensaio determina, de forma rigorosa, o isolamento sonoro global da vedação externa, caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema.

A norma estabelece os níveis mínimos (M) de desempenho para cada requisito, que devem ser atendidos, conforme pode ser visto na figura 8. Considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, com uma análise de valor da relação custo/benefício dos sistemas, também são indicados os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S), conforme mostra a figura 8. Recomenda-se que sempre seja informado o nível de desempenho dos sistemas que compõem a edificação habitacional, quando exceder o nível mínimo (M).

Figura 8 – Tabela completa com os valores da diferença padronizada de nível de pressão sonora de impacto-padrão ponderado  $L'_{nT,w}$  de desempenho acústico no interior da edificação, com relação a fontes padronizadas de ruídos de impacto

Isolamento ao ruído de impacto de sistemas de pisos					
Parâmetro		Critério	Desempenho		
			MÍN	INT	SUP
Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado	$L'_{nT,w}$	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	<b><math>\leq 80\text{dB}</math></b>	$\leq 65\text{dB}$	$\leq 55\text{dB}$
		Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	<b><math>\leq 55\text{dB}</math></b>	$\leq 50\text{dB}$	$\leq 45\text{dB}$

**Obs.:** Valores em negrito são normativos (obrigatórios) e os demais informativos.

Fonte: Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho: Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15575:2013 Edificações habitacionais – Desempenho. (ProAcústica Associação Brasileira para a Qualidade Acústica, 2013).

Na norma também são apresentados valores de referência considerando ensaios realizados em laboratório em componentes, elementos e sistemas construtivos. Para avaliar um projeto com diversos elementos, é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto.

Vale ressaltar que os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ( $L'_{nT,w}$ ) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório ( $R_w$ ). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas.

Em se tratando de ruído aéreo:

Tem como **requisito** o isolamento de ruído aéreo dos sistemas de pisos entre unidades habitacionais. Avaliar o isolamento de som aéreo de ruídos de uso normal (como por exemplo: fala, TV, conversas, música) e uso eventual (áreas comuns, áreas de uso coletivo).

O **critério** é a diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ), promovida pela vedação entre ambientes, verificada pelo método de engenharia (realizado em campo), conforme método descrito na ISO 140-4. O ensaio determina, de forma rigorosa, a diferença de nível padronizada ponderada entre as unidades autônomas e entre uma unidade e as áreas comuns, caracterizando,

de forma direta, o comportamento acústico do sistema, o isolamento sonoro global entre unidades autônomas e entre uma unidade e áreas comuns, caracterizando de forma direta.

A norma estabelece os níveis mínimos (M) de desempenho para cada requisito, que devem ser atendidos, conforme pode ser visto na figura 9. Considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, com uma análise de valor da relação custo/benefício dos sistemas, também são indicados os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S), conforme mostra a figura 9. Recomenda-se que sempre seja informado o nível de desempenho dos sistemas que compõem a edificação habitacional, quando exceder o nível mínimo (M).

Figura 9 – Tabela completa com os valores da diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{nT,w}$ , de isolamento de ruído aéreo dos sistemas de pisos entre unidades habitacionais e indicação do respectivo nível de desempenho

Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de pisos					
Parâmetro	Critério	Desempenho			
		MÍN	INT	SUP	
Diferença padronizada de nível ponderada	$D_{nT,w}$	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório	<b>≥ 45 dB</b>	≥ 50 dB	≥ 55 dB
		Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos. Situação onde não haja dormitório	<b>≥ 40 dB</b>	≥ 45 dB	≥ 50 dB
		Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	<b>≥ 45 dB</b>	≥ 50 dB	≥ 55 dB

Obs.: Valores em negrito são normativos (obrigatórios) e os demais informativos.

Fonte: Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho: Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15575:2013 Edificações habitacionais – Desempenho. (ProAcústica Associação Brasileira para a Qualidade Acústica, 2013).



Na norma também são apresentados valores de referência considerando ensaios realizados em laboratório em componentes, elementos e sistemas construtivos. Para avaliar um projeto com diversos elementos, é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto.

Vale ressaltar que os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ( $D_{nT,w}$ ) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório ( $R_w$ ). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas.

## 4. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é apresentada a empresa e as obras escolhidas para estudo de caso.

### 4.1 EMPRESA CONSTRUTORA

Foi selecionada para o estudo de caso uma das maiores construtoras e incorporadoras da região sul do Brasil, que atua na construção de edificações residenciais, comerciais e de uso misto de médio e alto padrão na região de Porto Alegre. A empresa possui 50 anos de atuação no mercado, já construiu mais de 1 milhão de m<sup>2</sup>, é certificada com o ISO 9001 desde 2012 e classificada com nível A pelo PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat).

Vale ressaltar que, o PBQP-H criou o SiAC (Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil), um sistema de certificação de gestão da qualidade voltado exclusivamente para construtoras e pré-requisito para aquelas que querem construir unidades habitacionais com verba do Governo Federal. Por focar na otimização dos processos de execução de obras, seus requisitos, além de exigirem o aperfeiçoamento da rotina administrativa, abrangem também questões específicas da construção civil, como o cumprimento da Norma de Desempenho - NBR 15575. O SiAC, aliado à Norma de Desempenho, visa a melhoria das edificações residenciais, o compromisso da construtora com a qualidade do produto e, conseqüentemente, a satisfação dos clientes e o pleno atendimento às normas da construção civil.

### 4.2 EMPREENDIMENTOS

Os empreendimentos de estudo tratam-se de obras já finalizadas e os empreendimentos são descritos na sequência.

- Empreendimento A

Empreendimento residencial composto por uma torre com 15 pavimentos e cobertura, sendo 12 tipos. Cada pavimento tipo conta com 8 unidades privativas (4 apartamentos de 1 dormitório, 40 m<sup>2</sup>, e 4 apartamentos de 2 dormitórios, 57 m<sup>2</sup>), mais duas unidades (de 2 dormitórios, 57 m<sup>2</sup>) no 15º, totalizando 98 unidades. Os demais pavimentos são estacionamento (possui 112 vagas de estacionamento no térreo e segundo pavimento), hall de entrada e áreas comuns (bicicletário

e lavanderia no 2º pavimento e área fitness, salão de festas e piscina no 15º). Totalizando uma área construída de mais de 7.500 m<sup>2</sup> em um terreno de aproximadamente 1.840 m<sup>2</sup> no bairro Santana, Porto Alegre/RS.

O sistema construtivo utilizado é convencional, estrutura de concreto armado moldado “in loco” na torre, sendo os fechamentos externos, poços de elevadores e escadas executados com bloco cerâmico e as divisórias internas da torre feitas em drywall, além de forro de gesso. O revestimento externo foi executado em pastilhas, textura acrílica, porcelanato e pintura com esquadrias de alumínio.

O prazo de execução da obra previa início em maio de 2018 e conclusão em maio de 2020. O cronograma foi estendido em alguns meses devido a atrasos decorrentes das paralisações pela pandemia.

- **Empreendimento B**

Empreendimento de uso misto composto por 7 torres, 6 residenciais e uma comercial, 11 lojas e um mall. Totalizando uma área construída de mais de 88.890 m<sup>2</sup> em um terreno de aproximadamente 25.450 m<sup>2</sup> no bairro Jardim Lindoia, Porto Alegre/RS.

As torres residenciais possuem 15 pavimentos tipos (2º ao 16º - torres A, C e E) e 14 pavimentos tipos (3º ao 16º - torres B, D e F), um pavimento térreo com áreas de lazer e um subsolo. Cada pavimento tipo conta com 8 unidades privativas, totalizando 708 unidades privativas residenciais. No pavimento térreo das torres temos áreas comuns (fitness e vestiários, salão de festas, brinquedoteca, sala de jogos, pub, beauty care, pet place e zelador). O subsolo possui bicicletários, depósitos condominiais e de lixo. A área condominial fora da projeção das torres contempla piscina adulto, piscina infantil, piscina aquakids, piscina recreativa, playground kids, playground aventura, spa, praça multiatividades e quadra de futebol gramada.

A torre comercial possui 14 pavimentos e 12 pavimentos tipos e cada tipo é composto por 14 salas, totalizando 168 salas e 11 lojas. O empreendimento conta com 1257 vagas de estacionamento e mais 50 para visitantes.

O sistema construtivo utilizado em todas as torres é convencional, estrutura de concreto armado moldado “in loco”. Nas torres residenciais temos os fechamentos externos, divisa entre unidades, poços de elevadores e escadas executados com bloco cerâmico e as divisórias internas das unidades da torre feitas em drywall, além de forro de gesso. As lojas comerciais tem suas

vedações externas e divisas executadas em bloco cerâmico, já as repartições internas de cada loja serão executadas em drywall. O edifício garagem tem suas vedações em bloco de concreto com junta rebaixada com selador acrílico e pintura acrílica.

O prazo de execução da obra, no lançamento da obra, previa início em maio de 2017 e conclusão em junho de 2021. Sendo que a obra é composta por 3 fases, na fase 1 está prevista as Torres A , B, lojas e Office, com data de início em maio de 2017 e término em novembro de 2019, a fase 2 é composta pelas Torres D e F, com data de início em maio de 2018 e término em outubro de 2020 e fase 3 é compostas pelas torres C e E, com data de início em maio de 2019 e término em junho de 2021. O cronograma foi estendido em um ano.

- Empreendimento C

Empreendimento residencial composto por uma torre com 10 pavimentos e cobertura, sendo 8 tipos com 242 m<sup>2</sup> cada. Cada pavimento tipo conta com uma unidade privativa, que se repete do terceiro ao décimo pavimento. Os demais pavimentos são: um subsolo, destinado para estacionamento de veículos - contendo 19 vagas -, o pavimento térreo, que apresenta as áreas comuns - hall de entrada, salão de festas e estacionamento, contendo 14 vagas, e o segundo pavimento e a cobertura apresentam um terraço privativo. Totalizando 10 unidades residenciais em uma área construída de mais de 3.930 m<sup>2</sup> em um terreno de aproximadamente 915 m<sup>2</sup> no bairro Bela Vista, Porto Alegre/RS.

O sistema construtivo utilizado é convencional, estrutura de concreto armado moldado “in loco” na torre, sendo os fechamentos externos e internos, poços de elevadores e escadas executados com bloco cerâmico. A fachada da torre é revestida com reboco/pintura, pastilhas cerâmicas, pele de vidro, ACM (Alumínio Composto) e granito.

O prazo de execução da obra previa início em junho de 2016 e conclusão em maio de 2018. A execução ocorreu entre dezembro de 2016 e janeiro de 2019.

- Empreendimento D

Empreendimento residencial composto por duas torres com 13 pavimentos e cobertura, sendo 11 tipos, pavimento térreo com áreas de lazer e um subsolo. Cada pavimento tipo conta com 8 unidades privativas totalizando 178 unidades. No pavimento térreo das torres contemplam

espaço gourmet interno, brinquedoteca, salão de festas, fitness, vestiários e depósitos condominiais. O subsolo possui vestiários de funcionários, copa de funcionários, depósitos de lixo, bicicletários e estacionamento. A área condominial fora da projeção das torres contempla piscina adulto, piscina infantil, área de estar entre as árvores, pet Place, espaço gourmet externo e playgrounds. Totalizando uma área construída de mais de 16.600 m<sup>2</sup> em um terreno de aproximadamente 5.377 m<sup>2</sup> no bairro Teresópolis, Porto Alegre/RS.

O sistema construtivo utilizado é convencional, estrutura de concreto armado moldado “in loco” na torre, sendo os fechamentos externos, poços de elevadores e escadas executados com bloco cerâmico e as divisórias internas da torre feitas em drywall.

O prazo de execução da obra previa início em julho de 2018 e conclusão em outubro de 2020. O cronograma foi estendido em alguns meses e obra foi concluída em janeiro de 2021.

## **5. ADEQUAÇÃO E ATENDIMENTO DA EMPRESA À NORMA DE DESEMPENHO (ETAPA 2)**

A vigência da norma impactou o setor da construção civil de diversas maneiras. As edificações precisam atender aos requisitos mínimos estabelecidos, com comprovação a partir de simulações, ensaios de campo e de laboratório. Com isso, a norma gerou a necessidade de alteração no processo de projeto e no planejamento e gestão das empresas.

Conforme Oliveira e Mitidieri Filho (2012), o ideal seria, como acontece em alguns países - exemplo: Canadá, França e Japão - que, o desenvolvimento dos projetos fosse iniciado pela definição do desempenho do produto-edifício e dos seus subsistemas para, posteriormente, definirem-se as tecnologias construtivas a serem adotadas.

No caso da empresa do estudo de caso, ela é responsável pela concepção do produto do empreendimento ainda na etapa de incorporação. Uma vez definido o produto, inicia-se a etapa de desenvolvimento de projetos. Os projetos são realizados por escritórios terceiros e a construtora realiza a coordenação dos projetos internamente, possuindo um setor responsável para isso com procedimentos documentados e auditados.

Assim sendo, fica sob responsabilidade dos setores de “Novos Negócios e Inteligência do Produto” a análise do entorno - que será explicada em 5.1.1 -, juntamente da definição de segmento e conceituação dos produtos e do setor de Projetos estabelecer o Perfil de Desempenho da Edificação (PDE) - que será explicado em 5.1.2 -, especificando: níveis de desempenho a ser atendidos e materiais que atendam PDE e PCT - que será explicado em 5.1.3.

Cabe, então, ao setor de “Orçamentos” orçar os ensaios requeridos no PCT, inserir nas composições produtos que atendam aos requisitos - de fornecedores que sejam certificados e forneçam ensaios, laudos e toda documentação necessária - e orçar serviços com fornecedores qualificados conforme prevê a norma.

Quanto às “Obras”, cabe o acompanhamento, contínuo, do atendimento do PDE, das instruções de trabalho e de almoxarifado - documentos internos da empresa repassados aos fornecedores contratados -, a conferência de cada carga e nota fiscal de material que chega no canteiro para ver se o fornecedor tem a documentação necessária na plataforma interna da empresa -, a solicitação dos ensaios requeridos no PCT - para que o setor de Suprimentos os contrate -, a realização dos ensaios e supervisão quanto aos resultados obtidos. No caso de algum ensaio não atender ao nível estipulado no PDE, há o envolvimento de vários setores internos como

“Qualidade Técnica e Suprimentos”, além de todos os fornecedores envolvidos, de material e mão de obra, e consultoria externa especializada para propor soluções técnicas. É importante mencionar que, como os ensaios precisam ser realizados com o sistema construtivo todo executado, normalmente eles acontecem na etapa final de obra, perto da data da entrega da obra, ou seja, no caso de algum ensaio não atender a norma isso geraria um grande volume de retrabalhos, custos consideráveis e prováveis atrasos na entrega.

A empresa assegura que a compra de materiais, locação e/ou compra de equipamentos e a contratação de serviços, responsabilidade do setor de Suprimentos, esteja conforme os requisitos especificados do Programa Setorial da Qualidade (PSQ) e norma de desempenho, através de informações contidas em instruções de trabalho, escopos padrão de cada material e/ou serviço e no PCT de cada obra. Estes requisitos abrangem a compra de materiais controlados, a contratação de serviços de execução controlados, serviços laboratoriais, serviços especializados de engenharia, locação de equipamentos, entre outros.

Ainda tem o envolvimento direto dos setores de “Assistência Técnica”, responsável por atender os moradores durante o período de garantia, seguindo os pontos pré estabelecidos no Manual de Uso e Operação - ou Manual do Proprietário e Manual do Síndico - e “*Personal System*”, responsável pelas personalizações dentro das obras. Ambos setores devem seguir a documentação padrão das obras para atender a NBR 15575.

Vale ressaltar que, assim como os projetistas devem incorporar o conceito de desempenho nos projetos, especificando materiais, produtos e processos que atendam o desempenho estabelecido pela norma, a construtora/incorporadora tem responsabilidade de garantir condições das obras concluídas, o poder público tem o papel de fiscalizar o atendimento à norma, os fornecedores devem caracterizar e garantir o desempenho dos materiais. Lembrando que, segundo o Código de Defesa do Consumidor, nenhum fornecedor pode oferecer produtos e serviços em desacordo com as normas da ABNT.

Lembrando que desempenho é o comportamento, em uso, de uma edificação e de seus sistemas vale ressaltar que, o comportamento do usuário impacta na edificação. Assim sendo, o usuário tem responsabilidades a partir do momento que ocupa a edificação. Nesse sentido, com o objetivo de familiarizar o usuário com seu imóvel, a construtora entrega o Manual do Proprietário com informações importantes para sua utilização e melhor conservação. Nele são descritos os materiais utilizados e as técnicas empregadas na construção da edificação, bem como são dadas orientações de conservação e manutenções preventivas necessárias.

Nos manuais do proprietário dos empreendimentos analisados no estudo de caso foram encontradas informações sobre o desempenho acústico em alguns itens, alguns exemplos deles:

- modificações e reformas: indica que alterações no imóvel devem ser executadas por profissionais habilitados, e estarem de acordo com as especificações do manual e as respectivas normas técnicas pertinentes. Além disso, deixa claro que alterações das características originais do imóvel acarretam em perda de garantia e podem afetar o desempenho estrutural, térmico, acústico, entre outros, bem como nas unidades vizinhas, demais áreas comuns e desempenho dos sistemas do edifício e, portanto, devem ser feitas sob orientação de profissionais e empresas qualificadas para tal fim. Deixa claro que as fachadas, como partes comuns do edifício, não podem ser alteradas nos formatos, acabamentos e posicionamentos de janelas e terraços sem a aprovação do condomínio;
- descrição do sistema instalado - revestimento cerâmico interno: informa em quais ambientes foi executado contrapiso flutuante (com função acústica), e indica como deve ser feita a futura instalação do piso e rodapé - o piso não deve encostar diretamente a parede, sendo, o mesmo, dividido pela manta acústica dobrada na parede; ainda, o rodapé não deverá ter contato com o piso final. E deixa claro que estas medidas visam o adequado desempenho do sistema acústico do piso.

### 5.1 RELAÇÃO ENTRE A NORMA DE DESEMPENHO E O SIAC

Ainda como fator impulsionador para a implantação da norma de desempenho têm-se o Sistema de Avaliação de Conformidade – SiAC do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H, que avalia a conformidade da qualidade das empresas de construção civil com base na norma ISO 9001 e estabelece uma série de ações obrigatórias tanto no processo de projeto quanto na obra com a inclusão de procedimentos para a realização de ensaios bem como o controle de aquisição e utilização de materiais considerando o seu desempenho, cada vez mais introduz abordagens de aspectos técnicos relacionados à NBR 15575.

A finalidade da norma de desempenho consiste no atendimento dos requisitos dos usuários, baseados no tripé: habitabilidade, sustentabilidade e segurança - conforme tratado no capítulo 3. Na empresa, este atendimento dos requisitos se dá através de 3 macro itens: Análise do Entorno, Perfil de Desempenho da Edificação (PDE) e Plano de Controle Tecnológico (PCT).



### 5.1.1 Análise do entorno

Ao estar definido o local de implantação de edifícios, os projetos devem ser desenvolvidos com base nas características do local da obra, além de prever as interações entre as construções próximas, considerando a influência delas. Conforme cita o item 6 da NBR 15575-1, o desempenho da edificação está intimamente associado a todos os projetos, inclusive os de implantação.

Com relação à análise do entorno e foco nos projetos desde a implantação, vale ressaltar que a empresa vem contratando relatórios de projeto executivo de acústica. Todo o trabalho ocorre simultaneamente ao desenvolvimento do projeto de arquitetura, uma vez que as soluções acústicas devem ser incorporadas ao projeto arquitetônico, influenciando layouts, espessuras de paredes e lajes, fachadas e até acabamentos.

### 5.1.2 Perfil de Desempenho da Edificação (PDE)

É definido pelo Regimento Geral do Sistema de Avaliação de Conformidade de Empresas de serviços e obras da Construção Civil – SiAC 2021 como o documento de entrada de projeto que registra os requisitos dos usuários e respectivos níveis de desempenho a serem atendidos por uma edificação habitacional, conforme item 4 da NBR 15575-1, conforme mostra a figura 10.

Figura 10 - Recorte do PDE referente ao Desempenho Acústico

REQUISITOS DOS USUÁRIOS NBR 15.575	PBQP-H SIAC 2017	NBR 15.575 / 2013																		
		PARTE 1 REQUISITOS GERAIS			PARTE 2 REQUISITOS PARA OS SISTEMAS ESTRUTURAIS			PARTE 3 REQUISITOS PARA OS SISTEMAS DE PISO			PARTE 4 REQUISITOS PARA OS SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS E EXTERNAS			PARTE 5 REQUISITOS PARA OS SISTEMAS DE COBERTURA			PARTE 6 REQUISITOS PARA OS SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS			
		Critérios	D. A.	Atendimento	Critérios	D. A.	Atendimento	Critérios	D. A.	Atendimento	Critérios	D. A.	Atendimento	Critérios	D. A.	Atendimento	Critérios	D. A.	Atendimento	
<small>Símbolos Utilizados: D. A. = DESEMPENHO ATINGIDO; (M) Mínimo; (I) Intermediário; (S) Superior / N. A. = Não Aplicável / A. N. A. = Atendimento das normas aplicáveis / P. C. T. = Plano de Controle Tecnológico</small>																				
<b>SEGURANÇA</b>																				
<b>HABITABILIDADE</b>																				
Item 12 - Desempenho Acústico	7-Desempenho Acústico	12.2.1 12.3.1 12.4.1	M	Diretrizes de projeto / relatório de consultoria especializada	Atender 15.575-1	12.3.2	M	Diretrizes de projeto/relatório de consultoria especializada	12.3.1 12.3.2	M	Diretrizes de projeto/relatório de consultoria especializada	12.3.2 12.4.1	M	Diretrizes de projeto/relatório de consultoria especializada						Esta Norma estabelece um método de medição dos ruídos gerados por equipamentos prediais. Também apresenta valores de níveis de desempenho de caráter não obrigatório.

Fonte: do autor

O conjunto de requisitos dos usuários e níveis de desempenho a serem atingidos pela edificação habitacional constituem o documento. É um documento específico gerado para cada obra e nele está definido como os projetos atendem aos requisitos e critérios da Norma de Desempenho, objetivando o atingimento de um desempenho pré-estabelecido. Desempenho este que a obra deve garantir ao longo da sua execução. Para isso, é necessária a realização de ensaios,

especificações técnicas de materiais disponibilizados pelos fornecedores e mobilização da cadeia construtiva quanto ao atendimento normativo.

O PDE é uma ferramenta importante na fase de projeto e funciona muito bem para a análise e dados de entrada e saída durante a execução da obra. Os requisitos de entrada do PDE referem-se aos dados para atendimento da NBR 15575 por parte da empresa/empreendimento. Os requisitos de saída referem-se à comprovação de que os requisitos foram implementados, testados e ensaiados, ou seja, podem ser comprovados no processo construtivo.

O atendimento do PDE deve ser garantido pela empresa construtora ao longo das diferentes etapas do processo de elaboração do projeto. Conforme o Regimento do SiAC 2021, o PDE pode ser modificado desde que as alterações sejam justificadas e evidenciadas por análise crítica específica que deve fazer referência a oportunidades e restrições que não haviam sido identificadas anteriormente.

### 5.1.3 Plano de Controle Tecnológico (PCT)

É definido pelo Regimento Geral do Sistema de Avaliação de Conformidade de Empresas de serviços e obras da Construção Civil – SiAC 2021 como o documento, referido no Plano da Qualidade da Obra (PQO), que relaciona os meios, as frequências e os responsáveis pela realização dos ensaios dos materiais controlados a serem aplicados e serviços controlados a serem executados em uma obra, que comprovem o atendimento às normas técnicas aplicáveis e aos requisitos dos projetos, conforme mostra a figura 11.

. Figura 11 - Recorte do PDE referente ao Desempenho Acústico

Descrição	Aplicável S - Sim N - Não	Conforme S - Sim N - Não	Responsabilidade Contratação ou Solicitação	Responsabilidade Verificação	Ensaios (EN)	Requisitos Aplicáveis	Meio	Observações Gerais	Fornecedores	Evidências	Comentários
Desempenho Acústico (Sistema)			Obra	Obra	EN	<p><b>Fixos</b> NBR 15575-3 - 12.3 - Medição de ruído aéreo em sistemas de pisos NBR 15575-3 - 12.3 - Medição de ruído de impacto em sistemas de pisos</p> <p><b>SVVIE (Sistemas de Vedação Vertical Interna e Externa)</b> NBR 15575-4 - 12.3 - Medição de isolamento acústico entre sistemas de vedações verticais externas NBR 15575-4 - 12.3 - Medição de isolamento acústico entre sistemas de vedações verticais internas</p>	Contratar ensaio de desempenho acústico.	<p>Realizar ensaios: <b>Ruído Aéreo:</b> • Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas. Exemplo: Emissor: Salão de Festas / Receptor: Suite 301</p> <p>• Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um ambiente ser dormitório. Exemplo: Emissor: Suite 2011 Receptor: Suite 301</p> <p><b>Ruído de Impacto:</b> • Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos. Exemplo: Emissor: Suite 2011 Receptor: Suite 301</p> <p><b>Medição de Isolamento:</b> • Isolamento acústico em sistemas de vedações verticais externas Exemplo: Receptor: Suite 201</p> <p>Deve-se realizar o ensaio das salas de geradores, climatização e demais máquinas que gerem maiores ruídos para dentro das unidades, priorizando a pior situação possível.</p>			

Fonte: do autor

No controle tecnológico é o momento de checar a qualidade do material que será empregado na obra, com o objetivo de verificar, principalmente, sua durabilidade e resistência. Para cada material utilizado na obra, foi estabelecida uma instrução de almoxarifado, que indica qual será a atividade de controle, a norma utilizada para essa checagem, quando o controle será realizado, quem será o responsável, quais as evidências utilizadas para garantir o controle e os critérios para compra e inspeção do material.

## **6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS (ETAPA 3)**

Neste capítulo serão caracterizadas as amostras ensaiadas, mostrados os resultados dos ensaios realizados e será feita uma breve discussão dos resultados.

### **6.1 ENSAIOS**

Os ensaios a que a autora teve acesso foram realizados em campo, por um laboratório de ensaio acreditado, conforme descrito no capítulo 3. O laboratório foi o mesmo para todos os ensaios. Os ensaios foram realizados entre abril/2019 e abril/2021, considerando a NBR 15575 (2013), visto que a nova versão (2021) foi publicada em setembro de 2021.

Os ensaios realizados em campo são os mais fidedignos. Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo são, tipicamente, inferiores aos obtidos em laboratório. Essa diferença depende das condições de contorno e execução dos sistemas. Os ensaios em laboratório são feitos de forma padronizada e não representam uma situação real de instalação do material na obra, em razão disso os parâmetros de aceitabilidade são mais rigorosos. Isso significa que as transmissões laterais, a geometria, e até a influência da qualidade de execução e instalação dos elementos não são considerados.

Conforme o laboratório responsável pela realização dos ensaios, os resultados obtidos referem-se somente aos ambientes ensaiados, não sendo possível a generalização deste resultado para outros ambientes ou para elementos de separação entre apartamentos com características diferentes.

#### **6.1.1 Empreendimento A**

Para o empreendimento A, caracterizado no capítulo 4, foram realizados 6 ensaios em setembro de 2020, entre eles:

- 1 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO ENTRE SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS (683):

Caracterização da amostra:

- Sistema de vedação vertical externo ensaiado: parede de blocos cerâmicos de 14 cm de espessura com resistência de 7 MPa e uma janela de alumínio com duas folhas de correr;

- Revestimento interno: executado em reboco com 1,5 cm de espessura;
- Revestimento externo: executado em reboco com 3,0 cm de espessura;
- Área total da parede: 8,12 m<sup>2</sup>. Nela existe uma janela de alumínio com dimensões de 1,50x1,20 m, perfazendo uma área de 1,80 m<sup>2</sup>;
- Espessura total da parede: aproximadamente 18,5 cm;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 34 dB

Tabela 1: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, D<sub>2m,nT,w</sub> quanto ao ruído aéreo de fachadas e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 4		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	D <sub>2m,nT,w</sub> dB	Nível de desempenho	Classe de ruído
Isolamento acústico em sistemas de vedações verticais externas	D <sub>2m,nT,w</sub>	34 dB	≥ 20	Mínimo	I - Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas
			≥ 25	Intermediário	
			≥ 30	Superior	
			≥ 25	Mínimo	II - Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III
			≥ 30	Intermediário	
			≥ 35	Superior	
			≥ 30	Mínimo	III - Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação
≥ 35	Intermediário				
≥ 40	Superior				

Fonte: do autor.

Considerando que o resultado obtido atende o nível de desempenho em todas as classes, a autora não se prendeu à informação sobre em qual classe de ruído o empreendimento está inserido.

- 1 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO EM SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS: Dormitório - Dormitório (684):

Caracterização da amostra:

- Sistema de vedação vertical interno ensaiado: parede de blocos cerâmicos de 19 cm de espessura com resistência de 7 MPa e uma pilar de concreto (f<sub>ck</sub> 35 MPa);

- Revestimento: executado com lã de PET (densidade de 7 kg/m<sup>3</sup>) e placa de gesso com 1,25 cm de espessura, com montante de alumínio de 60 mm, totalizando 7,25 cm de espessura em cada face;
- Área total da parede: 8,77 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 26,90 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 26,90 m<sup>3</sup>;
- Espessura total da parede: aproximadamente 33,5 cm;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 56 dB

Tabela 2: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w, quanto ao ruído aéreo entre ambientes, nas situações onde pelo menos um dos ambientes seja dormitório e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 4		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	DnT,w Db	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento acústico em sistemas de vedações verticais internas	DnT,w	56 dB	45 a 49	Mínimo	Parede entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.
			50 a 54	Intermediário	
			≥ 55	Superior	

Fonte: do autor.

- 2 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO DE IMPACTO EM SISTEMAS DE PISOS: Dormitório - Dormitório (685) e Salão de festas - Dormitório (686);

Caracterização da amostra (685):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 16 cm de espessura (concreto fck 35 MPa), e revestimento de teto, executado em gesso corrido;
- Área do piso de separação: 10,27 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 26,90 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 26,90 m<sup>3</sup>;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 76 dB

Tabela 3 : Critérios nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado,  $L'_{nT,w}$ , quanto ao ruído de impacto e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$L'_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído de impacto em sistemas de pisos	$L'_{nT,w}$	76 dB	66 a 80	Mínimo	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos
			56 a 65	Intermediário	
			$\leq 55$	Superior	

Fonte: do autor.

Caracterização da amostra (686):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 16 cm de espessura (concreto fck 35 MPa), piso flutuante - formado por dois painéis wall sobrepostos de 40 mm de espessura (peso de 32 kg/m<sup>2</sup>), apoiados sobre perfis metálicos do tipo “U” de 6” (peso de 12,2 kg/m), entre os dois painéis wall, existe uma camada de manta antirruídos com 5 mm de espessura (peso = 5,2 kg/m<sup>2</sup>), a estrutura metálica é apoiada em 60 amortecedores de vibração e o espaço entre a laje e o painel wall é parcialmente preenchido com uma camada de manta de lã de PET com 50 mm de espessura -, e revestimento de piso, vinílico;
- Área do piso de separação: 10,27 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 140,05 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 26,90 m<sup>3</sup>;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 38 dB

Tabela 4: Critérios nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado,  $L'_{nT,w}$ , quanto ao ruído de impacto e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$L'_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído de impacto em sistemas de pisos	$L'_{nT,w}$	38 Db	51 a 55	Mínimo	Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas.
			46 a 50	Intermediário	
			$\leq 45$	Superior	

Fonte: do autor.

- 2 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO EM SISTEMAS DE PISO: Dormitório - Dormitório (687) e Salão de festas - Dormitório (688):

Caracterização da amostra (687):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 16 cm de espessura (concreto fck 35 MPa), e revestimento de teto, executado em gesso corrido;
- Área do piso de separação: 10,27 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 26,90 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 26,90 m<sup>3</sup>;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 55 dB

Tabela 5: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w, quanto ao ruído aéreo entre pisos e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	DnT,w dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído aéreo em sistemas de pisos	DnT,w	55 dB	45 a 49	Mínimo	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório
			50 a 54	Intermediário	
			≥ 55	Superior	

Fonte: do autor.

Caracterização da amostra (688):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 16 cm de espessura (concreto fck 35 MPa), piso flutuante - formado por dois painéis wall sobrepostos de 40 mm de espessura (peso de 32 kg/m<sup>2</sup>), apoiados sobre perfis metálicos do tipo “U” de 6” (peso de 12,2 kg/m), entre os dois painéis wall, existe uma camada de manta antirruídos com 5 mm de espessura (peso = 5,2 kg/m<sup>2</sup>), a estrutura metálica é apoiada em 60 amortecedores de vibração e o espaço entre a laje e o painel wall é parcialmente preenchido com uma camada de manta de lã de PET com 50 mm de espessura -, e revestimento de piso, vinílico;
- Área do piso de separação: 10,27 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 140,05 m<sup>3</sup>;



- Volume do compartimento receptor: 26,90 m<sup>3</sup>;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 64 dB

Tabela 6: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w, quanto ao ruído aéreo entre pisos e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	DnT,w dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído aéreo em sistemas de pisos	DnT,w	64 dB	45 a 49	Mínimo	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas
			50 a 54	Intermediário	
			≥ 55	Superior	

Fonte: do autor.

### 6.1.2 Empreendimento B

Para o empreendimento B, caracterizado no capítulo 4, foram realizados 9 ensaios em maio de 2020. Dos quais só serão considerados os referente a parte habitacional do condomínio, sendo eles 6, entre eles:

- 1 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO ENTRE SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS (659):

Caracterização da amostra:

- Sistema de vedação vertical externo ensaiado: parede de blocos cerâmicos de 14 cm de espessura com resistência de 4 MPa e uma janela de PVC com duas folhas de correr;
- Revestimento interno: executado em argamassa estabilizada com 1,5 cm de espessura;
- Revestimento externo: executado em argamassa ensacada com 3,0 cm de espessura;
- Acabamento: realizado com textura projetada e pintura elastomérica;
- Área total da parede: 6,64 m<sup>2</sup>. Nela existe uma janela de PVC, vidros de 4 mm de espessura, perfil 42 e persiana integrada, com dimensões de 1,70x1,30 m, perfazendo uma área de 2,21 m<sup>2</sup>;
- Espessura total da parede: aproximadamente 18,8 cm;

- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 33 dB

Tabela 7: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{2m,nT,w}$  quanto ao ruído aéreo de fachadas e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 15575 - 4		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$D_{2m,nT,w}$ dB	Nível de desempenho	Classe de ruído
Isolamento acústico em sistemas de vedações verticais externas	$D_{2m,nT,w}$	33 dB	$\geq 20$	Mínimo	I - Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas
			$\geq 25$	Intermediário	
			$\geq 30$	Superior	
			$\geq 25$	Mínimo	II - Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III
			$\geq 30$	Intermediário	
			$\geq 35$	Superior	
			$\geq 30$	Mínimo	III - Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação
			$\geq 35$	Intermediário	
$\geq 40$	Superior				

Fonte: do autor.

Considerando que o resultado obtido atende o nível de desempenho em todas as classes, a autora não se prendeu à informação sobre em qual classe de ruído o empreendimento está inserido.

- 1 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO EM SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS (661):

Caracterização da amostra:

- Sistema de vedação vertical interno ensaiado: parede de blocos cerâmicos de 14 cm de espessura com resistência de 18 MPa;
- Revestimento: executado em reboco e chapisco com 3 cm de espessura em cada face da parede;
- Acabamento: realizado com massa corrida e pintura branco;
- Área total da parede: 8,05 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 20,93 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 20,93 m<sup>3</sup>;
- Espessura total da parede: aproximadamente 20 cm;

- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 46 dB

Tabela 8: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{nT,w}$ , quanto ao ruído aéreo entre ambientes, nas situações onde pelo menos um dos ambientes seja dormitório e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 4		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$D_{nT,w}$ Db	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento acústico em sistemas de vedações verticais internas	$D_{nT,w}$	46 dB	45 a 49	Minimo	Parede entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.
			50 a 54	Intermediário	
			$\geq 55$	Superior	

Fonte: do autor.

- 1 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO DE IMPACTO EM SISTEMAS DE PISOS: Dormitório - Dormitório (663):

Caracterização da amostra):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 13 cm de espessura (concreto fck 30 MPa), e revestimento de teto, executado em gesso e massa corrida, com acabamento em pintura branco fosco;
- Área do piso de separação: 8,05 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 20,93 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 20,93 m<sup>3</sup>;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 79 dB

Tabela 9: Critérios nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado,  $L'_{nT,w}$ , quanto ao ruído de impacto e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$L'_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído de impacto em sistemas de pisos	$L'_{nT,w}$	79 dB	66 a 80	Mínimo	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos
			56 a 65	Intermediário	
			≤ 55	Superior	

Fonte: do autor.

- 3 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO EM SISTEMAS DE PISO: Dormitório - Dormitório (664), Salão de festas - Dormitório (666) e Fitness - estar/jantar/cozinha (667);

Caracterização da amostra (664):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 13 cm de espessura (concreto fck 30 MPa), e revestimento de teto, em gesso e massa corrida, com acabamento em pintura branco fosco;
- Área do piso de separação: 8,05 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 20,93 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 20,93 m<sup>3</sup>;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 53 dB

Tabela 10: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{nT,w}$ , quanto ao ruído aéreo entre pisos e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$D_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído aéreo em sistemas de pisos	$D_{nT,w}$	53 dB	45 a 49	Mínimo	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório
			50 a 54	Intermediário	
			≥ 55	Superior	

Fonte: do autor.

Caracterização da amostra (666):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 13 cm de espessura (concreto fck 30 MPa), forro - de gesso acartonado, com uma distância da laje ao forro de 30 cm, preenchido com uma camada lã de rocha;
- Área do piso de separação: 9,90 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 373,94 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 25,75 m<sup>3</sup>;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 60 dB

Tabela 11: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w, quanto ao ruído aéreo entre pisos e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	DnT,w dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído aéreo em sistemas de pisos	DnT,w	60 dB	45 a 49	Mínimo	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas
			50 a 54	Intermediário	
			≥ 55	Superior	

Fonte: do autor.

Caracterização da amostra (667):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 13 cm de espessura (concreto fck 30 MPa), forro - de gesso acartonado, com uma distância da laje ao forro de 32 cm, preenchido com uma camada lã de rocha - e revestimento de piso, laminado;
- Área do piso de separação: 26,80 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 642,62 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 65,66 m<sup>3</sup>;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 59 dB

Tabela 12: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{nT,w}$ , quanto ao ruído aéreo entre pisos e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$D_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído aéreo em sistemas de pisos	$D_{nT,w}$	59 dB	45 a 49	Mínimo	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas
			50 a 54	Intermediário	
			≥ 55	Superior	

Fonte: do autor.

### 6.1.3 Empreendimento C

Para o empreendimento C, caracterizado no capítulo 4, foram realizados 4 ensaios em maio de 2019, entre eles:

- 1 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO ENTRE SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS (568):

Caracterização da amostra:

- Sistema de vedação vertical externo ensaiado: parede de blocos cerâmicos de 19 cm de espessura com resistência de 18 MPa e duas janelas de alumínio;
- Revestimento interno: reboco com 1,5 cm de espessura;
- Revestimento externo: executado com reboco e pastilha cerâmica, com espessura de 4 cm;
- Acabamento: realizado com massa corrida e pintura;
- Área total da parede: 17,30 m<sup>2</sup>. Nela existem duas janelas de Alumínio. A primeira janela utilizada possui duas folhas de correr com vidros insulados (laminado incolor 3 mm + pvb 0,38 + incolor 3mm + câmara de ar 12 mm + laminado incolor 3mm + pvb 0,38 + incolor 3 mm) e persiana integrada e dimensões de 2,55x1,35 m, perfazendo uma área de aproximadamente 3,44 m<sup>2</sup>. A segunda janela é maxim ar com vidro insulado (laminado Mini boreal 4 mm + float 3 mm incolor + câmara de ar 6 mm + laminado 3 mm + 3 mm incolor), tem dimensões de 0,80x0,95 m, perfazendo uma área de aproximadamente 0,76 m<sup>2</sup>;
- Espessura total da parede: aproximadamente 24 cm;

- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 40 dB

Tabela 13: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{2m,nT,w}$  quanto ao ruído aéreo de fachadas e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 4		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$D_{2m,nT,w}$ dB	Nível de desempenho	Classe de ruído
Isolamento acústico em sistemas de vedações verticais externas	$D_{2m,nT,w}$	40 dB	$\geq 20$	Mínimo	I - Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas
			$\geq 25$	Intermediário	
			$\geq 30$	Superior	
			$\geq 25$	Mínimo	II - Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III
			$\geq 30$	Intermediário	
			$\geq 35$	Superior	
			$\geq 30$	Mínimo	III - Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação
			$\geq 35$	Intermediário	
$\geq 40$	Superior				

Fonte: do autor.

Considerando que o resultado obtido atende o nível de desempenho superior em todas as classes, a autora não se prendeu à informação sobre em qual classe de ruído o empreendimento está inserido.

- 1 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO DE IMPACTO EM SISTEMAS DE PISOS: Dormitório - Dormitório (569):

Caracterização da amostra (569):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 15 cm de espessura (concreto fck 30 MPa). Sobre a laje foi executado contrapiso argamassado com fibra de polipropileno de 5 cm de espessura, flutuante sobre manta acústica de 5 mm de espessura e no teto foi aplicado gesso corrido e pintura;
- Área do piso de separação: 10,37 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 27,48 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 27,48 m<sup>3</sup>;

- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 61 dB

Tabela 14: Critérios nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado,  $L'_{nT,w}$ , quanto ao ruído de impacto e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$L'_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído de impacto em sistemas de pisos	$L'_{nT,w}$	61 dB	66 a 80	Mínimo	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos
			56 a 65	Intermediário	
			$\leq 55$	Superior	

Fonte: do autor.

- 2 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO EM SISTEMAS DE PISO: Dormitório - Dormitório (570) e Salão de festas - Dormitório (571):

Caracterização da amostra (570):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 15 cm de espessura (concreto fck 30 MPa). Sobre a laje foi executado contrapiso argamassado com fibra de polipropileno de 5 cm de espessura, flutuante sobre manta acústica de 5 mm de espessura e no teto foi aplicado gesso corrido e pintura;
- Área do piso de separação: 10,37 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 27,48 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 27,48 m<sup>3</sup>;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 52 dB



Tabela 15: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $DnT,w$ , quanto ao ruído aéreo entre pisos e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$DnT,w$ dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído aéreo em sistemas de pisos	$DnT,w$	52 dB	45 a 49	Mínimo	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório
			50 a 54	Intermediário	
			$\geq 55$	Superior	

Fonte: do autor.

Caracterização da amostra (571):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 15 cm de espessura (concreto fck 30 MPa). Sobre a laje foi executado contrapiso argamassado com fibra de polipropileno de 5 cm de espessura, flutuante sobre manta acústica de 5 mm de espessura e no teto foi utilizado rebaixo em gesso acartonado distante 30 cm da laje com pendurais e lã de rocha;
- Área do piso de separação: 72,02 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 108,80 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 190,85 m<sup>3</sup>;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 63 dB

Tabela 16: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $DnT,w$ , quanto ao ruído aéreo entre pisos e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$DnT,w$ dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído aéreo em sistemas de pisos	$DnT,w$	63 dB	45 a 49	Mínimo	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas
			50 a 54	Intermediário	
			$\geq 55$	Superior	

Fonte: do autor.

#### 6.1.4 Empreendimento D

Para o empreendimento D, caracterizado no capítulo 4, foram realizados 5 ensaios em abril de 2021, entre eles:

- 1 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO ENTRE SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS (724):

Caracterização da amostra:

- Sistema de vedação vertical externo ensaiado: parede de blocos cerâmicos de 14 cm de espessura com resistência de 7 MPa e uma janela de PVC com duas folhas de correr;
- Revestimento interno: executado em reboco com 1,5 cm de espessura;
- Revestimento externo: executado em reboco com 3,5 cm de espessura;
- Acabamento: interno foi realizado em massa corrida e tinta e externo em textura cimentícia e tinta;
- Área total da parede: 7,06 m<sup>2</sup>. Nela existe uma janela de PVC, vidros monolíticos Float (3mm + 3mm) de 4 mm de espessura, perfil 42 e persiana de PVC, com dimensões de 2,00x1,20 m, perfazendo uma área de 2,40 m<sup>2</sup>;
- Espessura total da parede: aproximadamente 19 cm;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 32 dB

Tabela 17: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{2m,nT,w}$  quanto ao ruído aéreo de fachadas e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 4		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$D_{2m,nT,w}$ dB	Nível de desempenho	Classe de ruído
Isolamento acústico em sistemas de vedações verticais externas	$D_{2m,nT,w}$	32 dB	$\geq 20$	Mínimo	I - Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas
			$\geq 25$	Intermediário	
			$\geq 30$	Superior	
			$\geq 25$	Mínimo	II - Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III
			$\geq 30$	Intermediário	
			$\geq 35$	Superior	
			$\geq 30$	Mínimo	III - Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação
			$\geq 35$	Intermediário	
$\geq 40$	Superior				

Fonte: do autor.

Considerando que o resultado obtido atende o nível de desempenho em todas as classes, a autora não se prendeu à informação sobre em qual classe de ruído o empreendimento está inserido.

- 1 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO EM SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS (725):

Caracterização da amostra:

- Sistema de vedação vertical interno ensaiado: parede de blocos cerâmicos de 14 cm de espessura com resistência de 18 MPa;
- Revestimento: executado em reboco com 3,5 cm de espessura em cada face da parede;
- Acabamento: realizado com massa corrida e pintura;
- Área total da parede: 10,35 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 27,63 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 27,63 m<sup>3</sup>;
- Espessura total da parede: aproximadamente 21 cm;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 47 dB

Tabela 18: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w, quanto ao ruído aéreo entre ambientes, nas situações onde pelo menos um dos ambientes seja dormitório e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 4		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	DnT,w Db	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento acústico em sistemas de vedações verticais internas	DnT,w	47 dB	45 a 49	Mínimo	Parede entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.
			50 a 54	Intermediário	
			≥ 55	Superior	

Fonte: do autor.

- 1 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO DE IMPACTO EM SISTEMAS DE PISOS: Dormitório - Dormitório (726):

Caracterização da amostra):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 12 cm de espessura (concreto fck 35 MPa), e revestimento de teto, executado em gesso corrido com acabamento em pintura;
- Área total da parede: 10,35 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 27,63 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 27,63 m<sup>3</sup>;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 78 dB

Tabela 19: Critérios nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado,  $L'_{nT,w}$ , quanto ao ruído de impacto e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$L'_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído de impacto em sistemas de pisos	$L'_{nT,w}$	78 dB	66 a 80	Minimo	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos
			56 a 65	Intermediário	
			≤ 55	Superior	

Fonte: do autor.

- 2 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO EM SISTEMAS DE PISO:  
Dormitório - Dormitório (727) e Salão de festas - Dormitório (728):

Caracterização da amostra (727):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 12 cm de espessura (concreto fck 35 MPa), e revestimento de teto, executado em gesso corrido com acabamento em pintura;
- Área total da parede: 10,35 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 27,63 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 27,63 m<sup>3</sup>;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 53 dB

Tabela 20: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $DnT,w$ , quanto ao ruído aéreo entre pisos e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$DnT,w$ dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído aéreo em sistemas de pisos	$DnT,w$	53 dB	45 a 49	Mínimo	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório
			50 a 54	Intermediário	
			$\geq 55$	Superior	

Fonte: do autor

Caracterização da amostra (728):

- Sistema de piso ensaiado: laje, maciça de concreto armado com 12 cm de espessura (concreto fck 35 MPa) e forro, executado com uma chapa de gesso e lã de vidro com 5 cm de espessura e densidade de 14kg/m<sup>3</sup> - distante 70 cm da laje;
- Área do piso de separação: 11,95 m<sup>2</sup>;
- Volume do compartimento emissor: 115,60 m<sup>3</sup>;
- Volume do compartimento receptor: 31,91 m<sup>3</sup>;
- Sistema construtivo utilizado no prédio: concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos.

Resultado obtido: 58 dB

Tabela 21: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $DnT,w$ , quanto ao ruído aéreo entre pisos e avaliação do desempenho acústico.

Ensaio			NBR 155575 - 3		
Ensaio	Parâmetro	Valor obtido	$DnT,w$ dB	Nível de desempenho	Elemento
Isolamento a ruído aéreo em sistemas de pisos	$DnT,w$	58 dB	45 a 49	Mínimo	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas
			50 a 54	Intermediário	
			$\geq 55$	Superior	

Fonte: do autor.

## 6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados esperados, conforme PDE, e os resultados obtidos nos ensaios, que refletem o nível de desempenho acústico entregue aos usuários – desempenho efetivo –, estão apresentados, compilados, abaixo.

Tabela 22: Nível de desempenho definido no PDE x Desempenho entregável obtido nos ensaios

Nível de Desempenho definido no PDE x Desempenho entregável obtido nos ensaios, por tipo de ensaio e por empreendimento					
Tipo de ensaio		Empreendimento A	Empreendimento B	Empreendimento C	Empreendimento D
Ruído de Fachada I SVVE	PDE	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
	Entregável	Superior	Superior	Superior	Superior
Ruído de Fachada II SVVE	PDE	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
	Entregável	Intermediário	Intermediário	Superior	Intermediário
Ruído de Fachada III SVVE	PDE	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
	Entregável	Mínimo	Mínimo	Superior	Mínimo
Ruído de Impacto Dorm - Dorm	PDE	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
	Entregável	Mínimo	Mínimo	Intermediário	Mínimo
Ruído de Impacto Dorm - Salão	PDE	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
	Entregável	Superior	-	-	-
Ruído Aéreo (parede)	PDE	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
	Entregável	Superior	Mínimo	-	Mínimo
Ruído Aéreo (piso) Dorm - Dorm	PDE	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
	Entregável	Superior	Intermediário	Intermediário	Intermediário
Ruído Aéreo (piso) Dorm - Salão	PDE	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
	Entregável	Superior	Superior	Superior	Superior
Ruído Aéreo (piso) Fitness - Sala	PDE	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
	Entregável	-	Superior	-	-

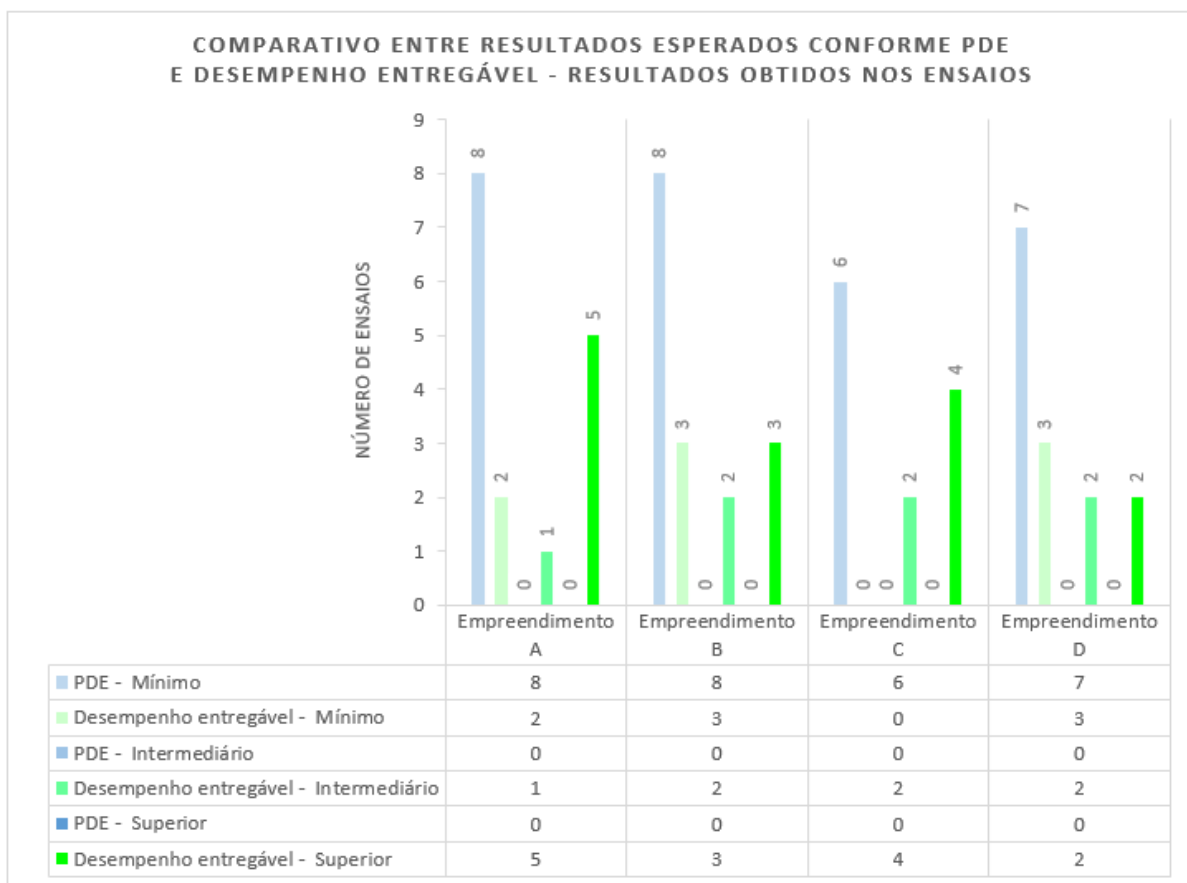
Fonte: do autor.

Como pode ser observado, com relação às 29 análises, dos 21 ensaios que a autora teve acesso, referente às 4 obras, nenhuma apresentou resultado que se enquadre abaixo do nível mínimo. Quanto às células que estão preenchidas com tracinho (-), os ensaios ou não foram realizados ou a autora não teve acesso.

Ademais, é percebida uma constância nos atendimentos ao desempenho nível superior quanto a ruído de fachada (Sistemas de Vedações Verticais Externas - SVVE) para classe I de ruído, no caso da habitação estar localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas, e quanto ao ruído aéreo, considerando divisão entre áreas comuns e ambientes de unidades habitacionais - nesse caso, dormitório e salão de festas. Com relação ao segundo item mencionado, ele mostra que a empresa está preocupada tanto com as áreas condominiais, como pode ser visto na descrição dos empreendimentos no capítulo 4, pela importância, diversificação e valorização das áreas comuns, quanto com o conforto do morador que não vai estar fazendo uso da área comum naquele momento.

Ainda observando a tabela 21, pode se ver que foram obtidos resultados de nível intermediário e superior em todas os 4 empreendimentos, mas em um deles, Empreendimento C, não aparece nenhum resultado de nível mínimo de desempenho. Além disso, indo ao encontro do padrão mais elevado das obras, observa-se que os Empreendimentos A e C foram entregues com nível de desempenho superior na maioria dos itens analisados. Quanto aos empreendimentos B e D, obras com o mesmo padrão entre si, eles só se diferem devido ao empreendimento D apresentar um resultado a menos.

Gráfico 1: Comparativo entre nível de desempenho definido no PDE x Desempenho entregável obtido nos ensaios

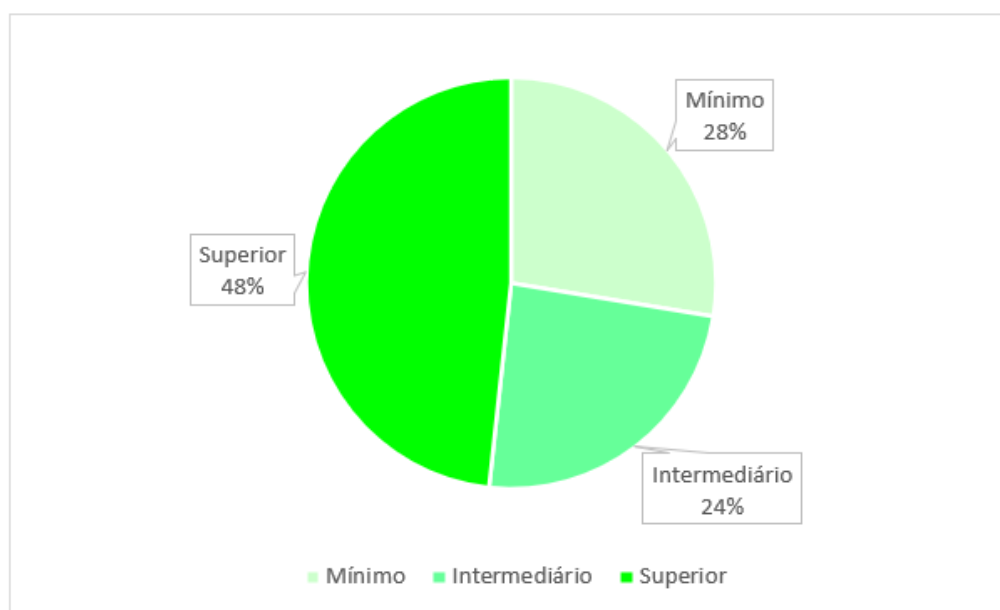


Fonte: do autor.

Vale ressaltar que, mesmo tendo como exigência do PDE alcançar o nível mínimo de desempenho, o desempenho entregue aos usuários está, em geral, em níveis intermediário e superior, conforme comparativo acima.

Das 29 análises, em 100% delas o resultado esperado, definido no PDE de cada obra, era o desempenho mínimo. Já quando analisamos os resultados dos ensaios, somente 8 resultados se enquadram em desempenho mínimo - 28% do total -, 7 em desempenho intermediário - 24% do total - e 14 em desempenho superior - 48% do total. Ou seja, quase a metade dos resultados apresenta nível superior e 72% dos resultados está acima do nível mínimo.

Gráfico 6: Desempenho acústico esperado conforme PDE



Fonte: do autor.

Analisando as amostras, considerando o detalhamento exposto anteriormente, com relação aos elementos e sistemas construtivos de vedações verticais internas e externas (SVVIE), quanto às medições:

- a ruído aéreo entre sistemas de vedações verticais externas (SVVE) analisadas neste estudo de caso, observa-se que os empreendimentos A, B e D são compostos por parede de blocos cerâmicos de 14 cm enquanto o empreendimento C é composto por parede de blocos cerâmicos de 19 cm. Pode-se dizer, então, que um dos fatores para o nível de desempenho acústico superior alcançado no empreendimento C, independente da classe de ruído, - enquanto os empreendimentos A, B e D apresentam nível de desempenho superior para classe de ruído I, intermediário para classe de ruído II e mínimo para classe de ruído III -, é a dimensão do bloco, que reflete, também, em espessura da parede;



- a ruído aéreo entre sistemas de vedações verticais internas (SVVI) analisadas neste estudo de caso, observa-se que o empreendimento A é composto por parede de blocos cerâmicos de 19 cm e conta com revestimento executado com lã de PET e placa de gesso – que somam 7,25 cm de espessura em cada face -, enquanto os empreendimentos B e D são compostos por parede de blocos cerâmicos de 14 cm e reboco e/ou reboco e chapisco. Pode-se dizer, então, que um dos fatores para o nível de desempenho acústico superior alcançado no empreendimento A é a dimensão do bloco aliada ao revestimento que reflete, também, em espessura da parede.

Analisando as amostras, considerando o detalhamento exposto anteriormente, com relação aos elementos e sistemas construtivos de pisos (SP), quanto às medições:

- a ruído de impacto em piso entre dormitórios analisadas neste estudo de caso, observa-se que os empreendimentos A, B e D são compostos por laje maciça de concreto armado variando entre 12 e 16 cm de espessura e revestimento de teto, executado em gesso corrido, enquanto o empreendimento C é composto por laje maciça de concreto armado com 15 cm de espessura, contrapiso argamassado com fibra de polipropileno de 5 cm de espessura, flutuante sobre manta acústica de 5 mm de espessura além do revestimento executado em gesso corrido. Pode-se dizer, então, que um dos fatores para o nível de desempenho acústico intermediário alcançado no empreendimento C é a composição de todo sistema, contrapiso flutuante e manta, inexistente nos empreendimentos A, B e D;
- a ruído de impacto em piso entre dormitório e salão de festas analisadas neste estudo de caso, observa-se que o empreendimento A, único ensaio obtido, é composto por laje maciça de concreto armado com 16 cm de espessura, piso flutuante, manta antirruídos, amortecedores de vibração e camada de manta de lã de PET, além do revestimento de piso vinílico, ou seja, a composição do sistema que garante o nível de desempenho superior;
- a ruído aéreo em piso entre dormitórios analisadas neste estudo de caso, observa-se que os empreendimentos B, C e D são compostos por laje maciça de concreto armado variando entre 12 e 15 cm de espessura e revestimento de teto, executado em gesso corrido, aliado, no empreendimento C, a contrapiso argamassado com fibra de polipropileno de 5cm de espessura, flutuante sobre manta acústica, enquanto o empreendimento A é composto por laje maciça de concreto armado com 16 cm de

espessura e revestimento executado em gesso corrido. Pode-se dizer, então, que um dos fatores para o nível de desempenho acústico superior alcançado no empreendimento A é espessura da laje. Vale ressaltar que, considerando a composição do sistema do empreendimento C, era esperado que o ensaio desse empreendimento apresentasse o melhor resultado;

- a ruído aéreo em piso entre dormitório e salão de festas analisadas neste estudo de caso, observa-se que os quatro empreendimentos apresentaram nível de desempenho superior. Isso se deve aos sistemas utilizados como piso flutuante, manta antirruídos, amortecedores de vibração e camada de manta de lã de PET, além do revestimento de piso vinílico no empreendimento A, forro de gesso acartonado com distância da laje de 30 cm preenchido com lã de rocha no empreendimento B, contrapiso argamassado com fibra de polipropileno de 5cm de espessura, flutuante sobre manta acústica aliado ao forro de gesso com distância da laje de 30 cm preenchido com lã de rocha e pendurais no empreendimento C e forro de chapa de gesso e lã de vidro com distância da laje de 70 cm preenchido no empreendimento D;
- a ruído aéreo em piso entre espaço fitness e sala de jantar analisadas neste estudo de caso, observa-se que o empreendimento B, único ensaio obtido, é composto por laje maciça de concreto armado com 13 cm de espessura e forro de gesso acartonado, com distância da laje de 32 cm preenchido com lã de rocha, além do revestimento de piso laminado, ou seja, a composição do sistema que garante o nível de desempenho superior.

Salienta-se, também, que a mobília e até mesmo as pessoas presentes no ambiente contribuem, em geral, para reduzir a reverberação. Quanto maior for o volume do ambiente e quanto menos absorção sonora estiver presente, maior será a reverberação - por exemplo: um apartamento ou casa nova sem mobília - como é o caso dos ambientes ensaiados - pode ser reverberante e, depois que o ambiente está mobiliado, é possível perceber que a reverberação diminui significativamente (Associação Brasileira para a Qualidade Acústica, 2019).

O isolamento acústico está relacionado a como os elementos construtivos reduzem a transmissão sonora entre ambientes. Em geral, o isolamento acústico depende da massa dos materiais. Elementos pesados, como paredes de alvenaria, vidros espessos e elementos de concreto, apresentam alto grau de isolamento acústico. Segundo a Associação Brasileira para a Qualidade Acústica (2019), uma alternativa para obter bom isolamento acústico com materiais mais leves é a utilização de sistemas compostos, como por exemplo o drywall, utilizado nas

divisórias internas de 3 dos 4 empreendimentos do estudo de caso. Esses sistemas são uma espécie de “sanduíche”, em que nas partes externas são utilizados materiais mais densos e pouco espessos, como placas de gesso, e a parte interna é preenchida com materiais porosos ou fibrosos como lãs minerais ou lãs de pet.

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Mesmo tendo passado alguns anos desde que a NBR 15575 entrou em vigor, a cadeia da construção civil ainda diz enfrentar dificuldades para atendê-la. Além disso, as construtoras, incorporadoras e imobiliárias até então não conseguiram mostrar a importância da norma de desempenho aos usuários: atender as necessidades daqueles que irão viver nas edificações construídas. A comprovação disso é que o mercado ainda vende as características geométricas das unidades habitacionais - como por exemplo: apartamento com 2 quartos, suíte e sacada, 75 m<sup>2</sup> - enquanto poderia estar vendendo o desempenho da edificação - como por exemplo: o desempenho acústico.

Apesar disso, em relação ao desempenho efetivo, entregável ao usuário, dos empreendimentos do estudo de caso, conclui-se que foram atendidos os critérios quanto a uma exigência de habitabilidade - o desempenho acústico. O desempenho acústico efetivo, quase na metade dos casos, atende o nível de desempenho superior.

Esse resultado se deve a um conjunto de fatores. Como cita o Manual ProAcústica de Acústica Básica (2019), produzido pela ProAcústica Associação Brasileira, o sucesso de um empreendimento está relacionado a boas parcerias entre projetistas, construtores, fornecedores de materiais, mão de obra e equipamentos. Todos devem trabalhar em favor do bem comum. Vale ressaltar, também, que na indústria da construção civil torna-se cada vez mais necessário o domínio do conhecimento das características técnicas e do desempenho, bem como a relação entre os sistemas que compõem os empreendimentos.

Durante o desenvolvimento do trabalho foi possível observar dificuldades gerais no atendimento a norma, entre eles a dificuldade de padronização, generalização e comparação entre os resultados obtidos. Um dos motivos é o número de variáveis envolvidas, entre elas, as que se mostraram presentes neste trabalho:

- condições de entorno: condição a que essa edificação está exposta reflete internamente;
- sistema construtivo da edificação: o conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir com uma macrofunção que a define, por exemplo vedações verticais externas (fachadas), precisa atender às expectativas do usuário e os critérios e requisitos da norma e, conseqüentemente, do usuário;
- ambiente ensaiado: podendo envolver a área e espessura do piso de separação ou área e espessura de parede - considerando área de janela, no caso das externas -, volume do compartimento emissor, volume do compartimento receptor.

Nesse sentido, tem-se ainda o reforço feito pelo laboratório responsável pela realização dos ensaios, que os resultados obtidos referem-se somente aos ambientes ensaiados, não sendo possível a generalização deste resultado para outros ambientes ou para elementos de separação entre apartamentos com características diferentes.

Tendo em vista o que já foi exposto e considerando o estabelecimento de nível de desempenho mínimo como padrão nos PDEs das obras da empresa do estudo de caso, apesar de, analisando os resultados, ser constatado que a empresa atende, muito bem, essa exigência de habitabilidade - o desempenho acústico -, nota-se o receio da empresa em não atender o PDE devido ao risco durante a construção, o que gera incertezas. Vale ressaltar que, em se tratando das obras consideradas neste trabalho, a empresa apresenta resultados de níveis de desempenho plenamente satisfatórios e pode fazer uso disso para valorizar os produtos e sua entrega, sendo esse um diferencial de valor.

Como sugestões para a empresa em que foi realizado o estudo de caso, tem-se:

- aumentar o nível de exigência do PDE: considerando que em todos documentos analisados os níveis de exigência eram mínimos e que nos ensaios realizados os resultados obtidos, de desempenho efetivo, se mostraram positivos, atingindo níveis, em sua maioria, intermediário e superior;
- empresa ter consultores internos especialistas na NBR 15575: como foi visto no capítulo 5, a norma de desempenho impacta em todos os setores da empresa, direta ou indiretamente. Profissionais técnicos capacitados que saibam dar direcionamentos quanto ao atendimento da norma, interpretar os resultados dos ensaios - para a empresa não ficar sempre refém de consultorias externas;
- empresa continuar fazendo análises comparativas entre níveis de desempenho esperado e entregue: podendo, também, ampliar para os outros itens da norma
- utilizar informações sobre o desempenho entregue ao usuário em estratégias de marketing e vendas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AsBEA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. **Guia para arquitetos na aplicação da norma de desempenho ABNT NBR 15.575**. São Paulo, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 15575-1:** Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 15575-3:** Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os Sistemas de Pisos. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 15575-4:** Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

BORGES, C. A. de M.. **A gestão do ruído urbano**. Coluna Secovi-SP, 2021. Acesso em: 22 de outubro de 2021. Disponível em: <http://www.secovi.com.br/noticias/a-gestao-do-ruído-urbano/15506>

BORGES, C. A. de M.; SABBATINI, F. H. O Conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, 2008.

EL PAÍS. **Como se concentrar apesar do barulho**. Edição Brasil, 24 de setembro de 2019. Acesso em: 14 de setembro de 2021. Disponível em: [https://brasil.elpais.com/brasil/2019/09/09/eps/1568018956\\_181576.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/09/09/eps/1568018956_181576.html)

Gaúcha ZH. **Reclamações de barulho entre vizinhos aumentaram 32% durante a pandemia em Porto Alegre: saiba como lidar**. Porto Alegre, 2020. Acesso em: 14 de setembro de 2021. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2020/05/reclamacoes-de-barulho-entre-vizinhos-aumentaram-32-durante-a-pandemia-em-porto-alegre-saiba-como-lidar-ckascrdg700cc015n7lchtqoz.html>

LORENZI, Luciani Somensi. Análise crítica e proposições de avanço nas metodologias de ensaios experimentais de desempenho à luz da ABNT NBR 15575 (2013) para edificações habitacionais de interesse sociais térreas. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-

Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

ProAcústica Associação Brasileira para a Qualidade Acústica. **Manual ProAcústica de Acústica Básica**. 2019. Acesso em: 22 de setembro de 2021. Disponível em: <https://www.proacustica.org.br/manuais-proacustica/manual-acustica-basica/>

ProAcústica Associação Brasileira para a Qualidade Acústica. **Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho**: Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15575:2013 Edificações habitacionais – Desempenho. 2013. Acesso em: 22 de setembro de 2021. Disponível em: <https://www.proacustica.org.br/manuais-proacustica/manual-proacustica-sobre-a-norma-de-desempenho-3edicao/>

OLIVEIRA, L. A.; MITIDIERI FILHO, C. V. O Projeto de Edifícios Habitacionais Considerando a Norma Brasileira de Desempenho: análise aplicada para as vedações verticais. *Gestão&Tecnologia de Projetos*. v. 7, n. 1, p. 90-100, maio 2012. <https://doi.org/10.4237/gtp.v1i1.208>

PARISE, Carlos Henrique. **Desempenho acústico de sistemas de pisos quanto ao ruído de impacto: análise de soluções construtivas**. Trabalho de conclusão de graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC). **Regimento Geral do Sistema de Avaliação de Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil**. Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021. Acesso em: 14 de setembro de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/pbqp-h/RegimentoGeraldoSIACAtualizadoPortaria577demarode2021CapaOK.pdf>

UOL. **Barulho é motivo de reclamação em condomínios residenciais**. São Paulo, 2020. Acesso em: 14 de setembro de 2021. Disponível em: <https://agora.folha.uol.com.br/sao-paulo/2020/08/barulho-e-motivo-de-reclamacao-em-condominios-residenciais.shtml>

VIVAN, Heloisa. Verificação do desempenho entregável quanto ao uso e operação para sistemas de piso e hidrossanitários : estudo de caso de um edifício multifamiliar para terceira idade. Trabalho de conclusão de graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021