

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

João Pedro da Cruz Bueno

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO EM PAREDES  
DE CONCRETO SEGUNDO A NBR 15575/2013**

Santa Maria, RS  
2023

João Pedro da Cruz Bueno

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO EM PAREDES  
DE CONCRETO SEGUNDO A NBR 15575/2013**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheiro Civil**.

**Orientador:** Prof. Dr. Marcos Alberto Oss Vaghetti

Santa Maria, RS  
2023

João Pedro da Cruz Bueno

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO EM PAREDES  
DE CONCRETO SEGUNDO A NBR 15575/2013**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheiro Civil**.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

**Prof. Dr. Marcos Alberto Oss Vaghetti**  
(Presidente/ Orientador)

---

**Dr. Eduardo Cesar Pachla**

---

**Dr. Alessandro Onofre Rigão**

Santa Maria, RS  
2023

## RESUMO

A norma ABNT NBR 15.575/ 2013 “Edificações Habitacionais – Desempenho” representa um significativo avanço tecnológico para o setor da indústria da construção brasileira. As normas de desempenho são estabelecidas buscando atender exigências dos usuários, que, no caso da NBR 15.575, referem-se a sistemas que compõem edifícios habitacionais, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado. Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo analisar as medições de desempenho acústico e térmico, com base na ABNT NBR 15.575, do residencial Morada do Leste em Santa Maria, RS. As análises foram realizadas pelo laboratório MMC LAB Controle Tecnológico Ltda., o qual realizou as seguintes medições: Medição de Isolamento a Ruído Aéreo Entre Sistemas de Vedações Verticais Externas – Parede de Concreto e Esquadria de Alumínio; Medição de Isolamento a Ruído Aéreo em Sistemas de Vedações Verticais Internas – Parede de Concreto; Medição de Isolamento a Ruído Aéreo em Sistemas de Vedações Verticais Internas – Paredes de Concreto e Portas de Entrada dos Apartamentos; Medição de Isolamento a Ruído de Impacto em Sistemas de Pisos – Laje, Contrapiso e Revestimento de Piso; Medição de Isolamento a Ruído Aéreo em Sistemas de Vedações Verticais Internas – Parede de Concreto entre Sala e Escadaria e Avaliação de Desempenho Térmico, por Simulação Computacional segundo a NBR 15.575 – Ambientes de Permanência Prolongada (APP) e Ambientes de Permanência Transitória (APT). O desempenho térmico é o resultado da interação entre a edificação e o ambiente térmico a que a mesma está submetida ou suas condições de exposição e o desempenho acústico dos ambientes é o resultado da combinação de vários fatores determinantes, entre eles: condição climática, condições de implantação e condições de uso da edificação. Através destas medições e análises, constatou-se que as análises de desempenho acústico atenderam a NBR 15575, variando os índices de desempenho entre mínimo, básico e superior e as análises de desempenho térmico apresentaram valores mínimos aceitáveis, ou seja, também estavam de acordo com a NBR15575. O sistema construtivo com paredes de concreto mostrou um adequado desempenho, pois consegue atingir os valores exigidos pela Norma de Desempenho, possibilitando o seu uso em diferentes tipologias e em diferentes regiões geográficas, pois, a norma trata que se deve levar em conta o clima, histórico de temperaturas do local e o ambiente da construção para as testagens.

**Palavras-chave:** construção civil; norma técnica; desempenho.

## ABSTRACT

The ABNT NBR 15.575 “Housing Buildings – Performance” standard represents a significant technological advance for the Brazilian construction industry sector. Performance standards are conditions seeking to meet users' criteria, which, in the case of NBR 15.575, refer to the systems that make up residential buildings, regardless of their constituent materials and the construction system used. Before this, the present work aims to analyze the acoustic and thermal performance guidance, based on ABNT NBR 15.575, of the residential Morada do Leste in Santa Maria, RS. The analyzes were carried out by MMC LAB Controle Tecnológico Ltda laboratory, which carried out the following main tests: Measurement of Air Noise Insulation Between External Vertical Fence Systems – Concrete Wall and Aluminum Frame; Measurement of Air Noise Insulation in Internal Vertical Fence Systems – Concrete Wall; Measurement of Air Noise Insulation in Internal Vertical Fence Systems – Concrete Walls and Apartment Entrance Doors; Measurement of Impact Noise Insulation in Flooring Systems – Slab, Subfloor and Floor Covering; Measurement of Air Noise Insulation in Internal Vertical Fence Systems – Concrete Wall between Room and Staircase and Thermal Performance Assessment, by Computer Simulation according to NBR 15.575 – Prolonged Permanence Environments (APP) and Transient Permanence Environments (APT). Thermal performance is the result of the interaction between the building and the thermal environment to which it is subjected or its exposure conditions and the acoustic performance of environments is the result of the combination of several determining factors, including: climatic condition, environmental conditions, implementation and condition of the building. Through these measurements and analyses, it was found that the acoustic performance analyzes comply with NBR 15575, varying the performance indexes between minimum, basic and superior and the thermal performance analyzes compared with minimum acceptable values, that is, it is also in accordance with the NBR15575. The construction system with concrete walls showed adequate performance, as it manages to reach the values required by the Performance Standard, enabling its use in different typologies and in different geographic regions, as the standard states that climate, historical of site temperatures and the construction environment for testing.

**Keywords:** civil construction; technical norm; performance.

.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Zonas Bioclimáticas.....	18
Figura 02: Carta bioclimática de Santa Maria.....	19
Figura 03: Local de Coleta dos Dados.....	23
Figura 04: Esquema da parede utilizada – corte vertical.....	24
Figura 05: Planta do dormitório onde foram realizadas as medições, com destaque para a fachada ensaiada.....	25
Figura 06: Esquema da parede utilizada – corte vertical.....	26
Figura 07: Medição de nível sonoro aéreo.....	27
Figura 08: Planta dos ambientes onde foram realizadas as medições.....	28
Figura 09: Esquema de Ensaio.....	29
Figura 10: Planta dos ambientes onde foram realizadas as medições (destacado em azul o hall de circulação).....	30
Figura 11: Esquema do piso utilizado – corte vertical.....	31
Figura 12: Ilustração do ensaio para determinação de isolamento sonora de sistemas de piso ao ruído de Impacto.....	31
Figura 13: Planta dos ambientes onde foram realizadas as medições e corte esquemático do ensaio.....	32
Figura 14: Esquema da parede utilizada – corte vertical.....	33
Figura 15: Planta dos ambientes onde foram realizadas as medições e corte esquemático do ensaio.....	34
Figura 16: Exemplo da delimitação dos pavimentos a serem representados no modelo computacional.....	35
Figura 17: Principais procedimentos para avaliação de desempenho térmico.....	37
Figura 18: Valores de diferença de nível ponderada de nível ( $D_{2m,nT}$ ) em bandas de terço de oitava - fachada.....	38
Figura 19: Valores de diferença de nível ponderada ( $D_{nT}$ ) em bandas de terço de oitava- parede de concreto.....	40
Figura 20: Valores de diferença de nível ponderada ( $D_{nT}$ ) em bandas de terço de oitava – separados pelo hall.....	42
Figura 21: Valores do nível de pressão sonora de impacto padrão ( $L'_{nT}$ ) em bandas de terço de oitava.....	44

Figura 22: Valores de diferença de nível ponderada (DnT) em bandas de terço de oitava, entre sala e escadaria.....45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Descrição dos locais de ensaio .....	24
Tabela 02: Descrição dos locais de ensaio .....	27
Tabela 03: Descrição dos locais de ensaio .....	30
Tabela 04: Descrição dos locais de ensaio .....	32
Tabela 05: Descrição dos locais de ensaio .....	34
Tabela 06: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$ quanto ao ruído aéreo de fachadas .....	39
Tabela 07: Resumo dos resultados .....	39
Tabela 08: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$ quanto ao ruído aéreo entre ambientes, nas situações em que não haja ambiente dormitório .....	41
Tabela 09: Resumo dos resultados .....	41
Tabela 10: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$ quanto ao ruído aéreo entre unidades distintas separadas pelo hall .....	42
Tabela 11: Resumo dos resultados .....	43
Tabela 12: Critério e nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado, $L'_{nT,w}$ quanto ao ruído de impacto .....	44
Tabela 13: Resumo dos resultados .....	45
Tabela 14: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$ quanto ao ruído aéreo entre ambientes, nas situações onde não haja ambiente dormitório .....	46
Tabela 15: Resumo dos resultados .....	47

**TABELA DE QUADROS**

Quadro 01: Resultados encontrados nas unidades habitacionais.....	48
Quadro 02: Resultados encontrados nas unidades habitacionais.....	48
Quadro 03: Resultados encontrados nas unidades habitacionais.....	49
Quadro 04: Resultados encontrados nas unidades habitacionais.....	50

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	11
1.1 OBJETIVOS	11
<b>1.1.1 Objetivo Geral</b>	11
<b>1.1.2 Objetivos Específicos</b>	12
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	13
2.1 REQUISITOS DA QUALIDADE DA ESTRUTURA	13
<b>2.1.1 Desempenho Acústico</b>	13
2.1.1.1 Transmissão de Ruído Aéreo e Conceitos de Suas Variáveis Acústicas para medição de desempenho acústico	14
2.1.1.2 Transmissão de Ruído de Impacto e Conceitos de Suas Variáveis Acústicas para Medição de Desempenho Acústico	15
<b>2.1.2 Desempenho Térmico</b>	17
2.2 NORMA ABNT NBR 15.575	21
<b>2.2.1 NBR 15575 para Desempenho Acústico</b>	21
<b>2.2.2 NBR 15575 para Desempenho Térmico</b>	22
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	23
3.1 LOCAL DE COLETA DE DADOS	23
3.2 COLETA E ANÁLISE DOS ENSAIOS	23
<b>3.2.1 Medição de Isolamento a Ruído Aéreo Entre Sistemas de Vedações Verticais Externas – Parede de Concreto e Esquadria de Alumínio</b>	23
<b>3.2.2 Medição de Isolamento a Ruído Aéreo em Sistemas de Vedações Verticais Internas – Parede de Concreto</b>	26
<b>3.2.3 Medição de Isolamento a Ruído Aéreo em Sistemas de Vedações Verticais Internas – Paredes de Concreto Separados pelo Hall de Entrada</b>	28
<b>3.2.4 Medição de Isolamento a Ruído de Impacto em Sistemas de Pisos – Laje, Contrapiso e Revestimento de Piso</b>	30
<b>3.2.5 Medição de Isolamento a Ruído Aéreo em Sistemas de Vedações Verticais Internas – Parede de Concreto, Entre Sala e Escadaria</b>	33
<b>3.2.6 Avaliação de Desempenho Térmico por Simulação Computacional NBR 15.575 – Ambientes de Permanência Prolongada (APP) e Ambientes de Permanência Transitória (APT)</b>	35

<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
4.1 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO ENTRE SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS – PAREDE DE CONCRETO .....	38
4.2 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO EM SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS – PAREDE DE CONCRETO E ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO .....	40
4.3 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO EM SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS – PAREDE DE CONCRETO E SEPARADOS PELO HALL DE ENTRADA .....	42
4.4 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO DE IMPACTO EM SISTEMAS DE PISOS – LAJE, CONTRAPISO E REVESTIMENTO DE PISO .....	43
4.5 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO EM SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS – PAREDE DE CONCRETO, ENTRE SALA E ESCADARIA ..	45
4.6 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO POR SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL SEGUNDO A NBR 15.575 – AMBIENTES DE PERMANÊNCIA PROLONGADA (APP) E AMBIENTES DE PERMANÊNCIA TRANSITÓRIA (APT) .....	47
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	52
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	53
<b>ANEXO A – AUTORIZAÇÃO DO ENGENHEIRO RESPONSÁVEL DA OBRA</b> .....	55
<b>ANEXO B – AUTORIZAÇÃO DO LABORATÓRIO</b> .....	56

# 1 INTRODUÇÃO

Lobo (2012) diz que, a Engenharia é um fator determinante para o desenvolvimento econômico das nações. Com a rápida evolução da tecnologia e a conseqüente obsolescência das existentes, a formação do engenheiro deve privilegiar os conteúdos essenciais, ensinando-o a se adaptar rapidamente aos novos conhecimentos e técnicas.

Partindo dessa premissa, aborda-se, em primeiro momento, que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), atendendo à solicitação da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), revisou as normas de desempenho originalmente criadas e elaborou a ABNT NBR 15575 “Edificações Habitacionais – Desempenho”. Em vigor desde 19 de julho de 2013, a norma supracitada representa um significativo avanço tecnológico para o setor da indústria da construção brasileira. Qualquer evolução que busque a excelência como fim deve, primordialmente, passar pela definição de critérios claros e precisos de avaliação da qualidade. Nesse sentido, a ABNT NBR 15.575 se configura como um passo notório e fundamental para a modernização da construção civil em nosso país (CBIC, 2013).

As normas de desempenho são estabelecidas buscando atender exigências dos usuários, que, no caso desta Norma, referem-se aos sistemas que compõem edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado. Em vista disso, este trabalho analisou e discute os resultados obtidos através dos ensaios para desempenho acústico e térmico nas paredes do Residencial Morada do Leste, visto que, tanto os ruídos excessivos quanto a temperatura do ambiente influenciam diretamente na saúde e bem-estar das pessoas, pois mesmo com a habilidade de se adaptar às variações sonoras e oscilações térmicas, o corpo humano sofre efeitos colaterais em seu metabolismo, o que se transforma em sintomas como dores de cabeça, irritação, estresse, dificuldade de concentração, fraqueza muscular, etc. A escolha pela versão da norma de 2013 e não a versão atualizada de 2021 é que as obras do residencial começaram antes de 2021.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral:

Analisar as medições de desempenho acústico e térmico, com base na ABNT NBR 15.575, do residencial Morada do Leste em Santa Maria, RS.

### **1.1.2 Objetivos Específicos:**

- Analisar os ensaios realizados para desempenho térmico e acústico no residencial Morada do Leste em Santa Maria, RS;
- Interpretar os resultados dos ensaios em consonância com a ABNT NBR 15.575;
- Apresentar os resultados obtidos e fazer uma interpretação da norma junto com a literatura.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A necessidade de abrigo é uma das exigências básicas do ser humano, a partir da utilização das cavernas, a humanidade começou a desenvolver a arte de construir ambientes (CAVALHEIRO, 2006). Com os avanços na engenharia, temos o sistema construtivo parede de concreto que é um método que utiliza formas que são montadas no local da obra com a respectiva armadura, depois preenchidas com concreto auto adensável, já com as instalações hidráulicas e elétricas embutidas. Sua principal característica é que a vedação e a estrutura constituem um único elemento “estrutura monolítica” (PAREDE DE CONCRETO, 2023).

O sistema é recomendado para empreendimentos que têm alta repetitividade e podem ser utilizadas em obras de pequeno, médio e alto padrão, devido à sua grande versatilidade. O que define a escolha é uma criteriosa análise de custos, que leve em consideração todos os fatores, tais como, mão-de-obra e tempo de construção com seus encargos. Podem ser utilizados em edificação de casas térreas, sobrados, edifícios de até seis pavimentos, edifícios de até nove pavimentos com apenas esforços de compressão, e tendo inclusive, exemplos de utilização em edifícios de até 30 pavimentos (PAREDE DE CONCRETO, 2023).

### 2.1 REQUISITOS DA QUALIDADE DA ESTRUTURA

A estrutura em paredes de concreto deve ser projetada e construída de modo que:

Resista a todas as ações que sobre ela produzam efeitos significativos tanto na sua construção quanto durante a sua vida útil;  
Sob as condições ambientais previstas na época de projeto e quando utilizada conforme preconizado em projeto, conserve sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil;  
Contemple detalhes construtivos que possibilitem manter a estabilidade pelo tempo necessário à evacuação quando da ocorrência de ações excepcionais localizadas, como explosões e impactos (NORMA ABNT 16055, 2012, p. 4)

O engenheiro projetista de estrutura deve validar os projetos de forma, escoramentos, detalhes embutidos ou vazados e os projetos de instalações antes de começar a execução da obra (NORMA ABNT 16055, 2012).

#### 2.1.1 Desempenho Acústico

O desempenho acústico dos ambientes é o resultado da combinação de vários fatores determinantes. Dentre eles, estão o posicionamento do edifício e seus cômodos e as

discriminações de materiais, componentes de paredes, coberturas, pisos, instalações e equipamentos. Destaca-se, também, a importância da discriminação das vedações verticais, onde seus materiais, espessuras e execução configuram, em grande parte, os níveis de desempenho acústico da edificação (COSTA; SOUZA; NEVES, 2001).

Segundo Jankovitz (2014) o desempenho acústico de um elemento de uma edificação depende intimamente das características dos seus materiais constituintes, espessuras e execução, sendo sensivelmente alterada pela qualidade das interfaces com outros elementos e pelas esquadrias ou outros componentes de fechamento de aberturas nela contida.

O autor ainda afirma que a capacidade de tal elemento de isolar o ruído de modo a não perturbar as atividades cotidianas do morador, é uma grande determinante do desempenho, e conseqüentemente do conforto acústico. O bom isolamento acústico da habitação é a garantia de um repouso adequado e de condições ambientais favoráveis de lazer, trabalho e estudo, evitando o desgaste mental entre outras conseqüências maléficas a saúde e a produtividade das pessoas. É então uma necessidade de isolamento não somente entre o ambiente externo e interno, mas também o isolamento acústico adequado entre os cômodos da mesma edificação, quando destinadas ao repouso noturno, ao lazer doméstico e ao trabalho intelectual (JANKOVITZ, 2014).

A unidade de medida neste desempenho são os decibéis, sendo que o decibel (dBA) é uma unidade logarítmica que indica a proporção de uma quantidade física (geralmente energia ou intensidade) em relação a um nível de referência especificado ou implícito. Uma relação em decibéis é igual a dez vezes o logaritmo de base 10 da razão entre duas quantidades de energia (JANKOVITZ, 2014).

#### 2.1.1.1 Transmissão de Ruído Aéreo e Conceitos de Suas Variáveis Acústicas para medição de desempenho acústico

A redução sonora aérea obtida entre os ambientes depende da perda na transmissão sonora, área da parede e absorção da sala receptora, ou seja, essas transmissões dependem do método construtivo, suas uniões e esquadrias, ou seja, todos os materiais possuem a capacidade de reduzir a intensidade sonora. Logo as variáveis obtidas nos resultados obtidos nos ensaios dos sistemas verticais internos e externos são:

Diferença Padronizada de Nível entre os Ambientes:

$$D_{nT} = L1 - L2 + 10 \log \frac{T}{T0}$$

Leia-se:

- $D_{nT}$ - Diferença Padronizada de Nível entre os Ambientes que é a diferença entre o nível de pressão sonora média na sala emissora e o nível de pressão sonora na sala receptora, levando em conta seu tempo de reverberação em campo. (ROUGERON, 1977).
- L1: Nível de pressão sonora médio na sala emissora, em dB
- L2: Nível de pressão sonora médio na sala receptora, em dB
- T: Tempo de reverberação da sala receptora, em segundos
- T0: Tempo de reverberação de referência (0,5 segundos)
- $D_{nT,W}$ : Diferença Padronizada de Nível Ponderado entre os ambientes, que consiste no resultado obtido em laboratório, a partir da ponderação dos valores do  $D_{nT}$ . Esse valor do  $D_{nT,W}$  é o valor que devemos ter como referência para comparar com os valores da NBR 15575.

Para o caso da medição de ruído aéreo em fachadas, é utilizada a Diferença padronizada de nível de fachada ( $D_{2m,nT}$ ).

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L2 + 10 \log \frac{T}{T0}$$

Leia-se:

- L1,2m: Nível de pressão sonora do lado de fora 2 metros da fachada, em dB
- L2: Nível de pressão sonora médio na sala receptora, em dB
- T: Tempo de reverberação da sala receptora, em segundos
- T0: Tempo de reverberação de referência (0,5 segundos)

Logo através dos  $D_{nT}$  ou  $D_{2m,nT}$  é obtido os espectros da diferença de nível padronizado em bandas de oitavas ou terços de oitavas, para determinar as frequências no estudo.

Para se obter esses valores ponderados ( $D_{nT,W}/ D_{2m,nT,W}$ ), deve-se utilizar a curva de referência que vem da ISO717-1/2013, em seguida ela é deslocada de 1 em 1 dB até que a soma das diferenças dos valores medidos para os valores da curva de referência seja a maior possível, no entanto não sendo superior a 32 dB.

### 2.1.1.2 Transmissão de Ruído de Impacto e Conceitos de Suas Variáveis Acústicas para Medição de Desempenho Acústico

O ruído de impacto é causado pelo contato de corpo sobre outro, uma excitação mecânica em curta duração, nas edificações, os elementos estruturais que mais sofrem esse tipo de força, são as lajes entre os pavimentos, enquanto as paredes são mais expostas aos ruídos aéreos.

As vibrações de sólidos e impactos são transmitidos diretamente sobre uma estrutura e posteriormente provocam a vibração do ar. Vibrações são normalmente associadas a movimentos de máquinas e fricções. A vibração é percebida enquanto movimento ou fricção estiver atuando. Se há uma alteração, com diminuição da velocidade, a intensidade do som percebido é menor. Por isso a escolha adequada de uma máquina é uma atuação acústica sobre a fonte sonora. Quanto mais lento o movimento da máquina menor o ruído gerado. Impactos também são vibrações que se propagam pelas estruturas, mas apresentam como característica uma rápida queda na sua intensidade. São vibrações com grande quantidade de energia, apresentando picos e se propagando sobre os sólidos com pouca atenuação. Impactos como de um martelo sobre uma parede, faz com que esta superfície vibre e o ruído seja transmitido para o ambiente adjacente, provocando a vibração do ar (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2003, p.96).

O isolamento ao ruído de impacto é indicado pelo nível sonoro transmitido (em dB), ou seja, quanto maior o nível indicado, maior a transmissão de ruído. Logo esses valores são obtidos a partir de algumas fórmulas conforme a ISO 140-7/1998.

Ela determina as medições referentes ao isolamento de ruído de impacto entre ambientes sobrepostos, a medição do nível de ruído de impacto é a média do nível de pressão sonora obtido na sala receptora e gerada por uma fonte de frequência padrão.

$$L = 10 \log \frac{(p_1)^2 + (p_2)^2 + \dots + (p_n)^2}{n p_0^2}$$

Leia-se:

- L: Nível de Pressão sonora médio na sala
- $p_1, p_2, \dots, p_n$ : São as pressões sonoras medidas em várias posições diferentes no ambiente receptor.
- $P_0$ : Pressão Sonora de Referência (20 micro Pascal)

$$L'_{nT} = L_i - 10 \log \frac{T}{T_0}$$

Leia-se:

- $L_{nT}$ : Nível de Pressão sonora de impacto padronizado
- $L_i$ : Nível de Pressão sonora médio
- $T$ : Tempo de Reverberação do compartimento
- $T_0$ : Tempo de Reverberação de referência, 0,5 segundos

Para se obter os valores de Nível de Pressão Sonora de Impacto Padrão Ponderado ( $L_{nT,W}$ ), deve-se realizar os mesmos procedimentos para ruído aéreo, ao qual deve-se pegar a curva de referência que vem da ISO 717-1/2013, em seguida ela é deslocada de 1 em 1 dB até que a soma das diferenças dos valores medidos para os valores da curva de referência seja a maior possível, no entanto não sendo superior a 32 dB.

### 2.1.2 Desempenho Térmico

A sociedade está exposta às forças das alterações climáticas e a saúde, a energia e o conforto das pessoas são afetados pelo clima mais do que qualquer outro elemento do ambiente. As mudanças fisiológicas humanas respondem às mudanças no clima e nas condições atmosféricas. Por exemplo, algumas doenças são causadas pelo clima em épocas diferentes. Os fatores climáticos que afetam diretamente as funções fisiológicas humanas são radiação, temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica. Ciente da relevância do conforto térmico à saúde humana, a avaliação de desempenho térmico é bastante complexa, envolve o edifício como um todo e está inteiramente ligada às suas condições de implantação, como posição do sol pela manhã ou pela tarde, altitude em que está localizado, zona bioclimática, entre outras (RODRIGUES, 2010).

Akutsu e Lopes (1988) descrevem o desempenho térmico como resultado da interação entre a edificação e o ambiente térmico a que a mesma está submetida ou suas condições de exposição. Estas condições de exposição são divididas em condições climáticas (temperatura e umidade do ar exterior, velocidade e direção dos ventos e radiação solar direta e difusa); condições de implantação (latitude e longitude, orientação solar) e condições de uso da edificação (número de ocupantes e atividades-padrão, quantidade de calor e vapor de água produzidos no interior da edificação, número de renovações de ar proporcionados pelo controle da ventilação do ambiente).

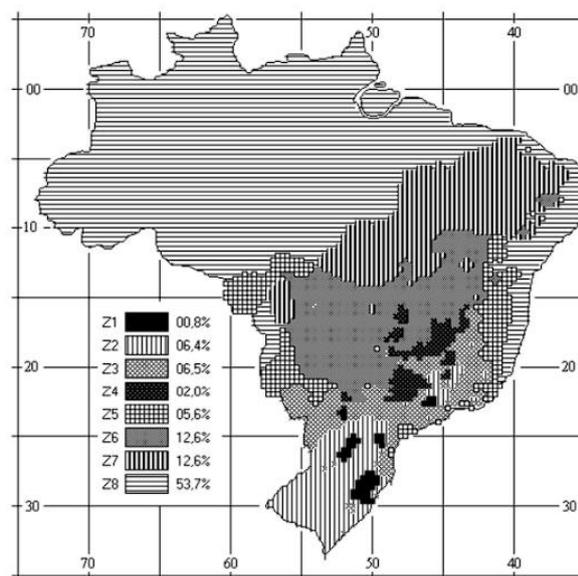
Os mesmos autores ainda citam outras grandezas como: forma e dimensões geométricas da edificação; transmitância, absorvância e refletância à radiação solar; emissividades das

superfícies; condutibilidade térmica, calor específico e massa específica dos materiais; que são grandezas que caracterizam o comportamento térmico da edificação, seus elementos, componentes e materiais (AKUTSU; LOPES, 1988). O desempenho térmico das paredes de vedação, assim como as demais propriedades diretamente ligadas às condições de conforto e habitabilidade da edificação, deve ser avaliado considerando-se os demais componentes de vedação vertical e também das vedações horizontais como a laje. Ou seja, depende da característica de todos os elementos construtivos presentes no ambiente (RORIZ, 2013).

Roriz (2013), afirma que, para ter-se um bom desempenho térmico, deve ser analisado em conjunto algumas características importantes do material, boa resistência térmica que, quanto maior, menor será a intensidade de troca de calor com outro ambiente, por exemplo em um inverno rigoroso onde há troca de calor entre o ambiente interno e o externo. E a capacidade térmica que determina a quantidade de calor que um precisa receber para alterar sua temperatura. Tais características estão intimamente ligadas a densidade do material (RORIZ, 2013).

A norma ABNT 15220-3 apresenta que o território nacional possui oito diferentes classificações de zonas bioclimáticas (Figura 01), sendo Z1 (Zona Bioclimática 01) as áreas que possuem clima mais frio e Z8 (Zona Bioclimática 08) as cidades que possuem clima mais quente. A figura 01 mostra o zoneamento bioclimático brasileiro. Santa Maria pertence à Zona Bioclimática 02 (FLORES, 2014).

Figura 01: Zonas Bioclimáticas



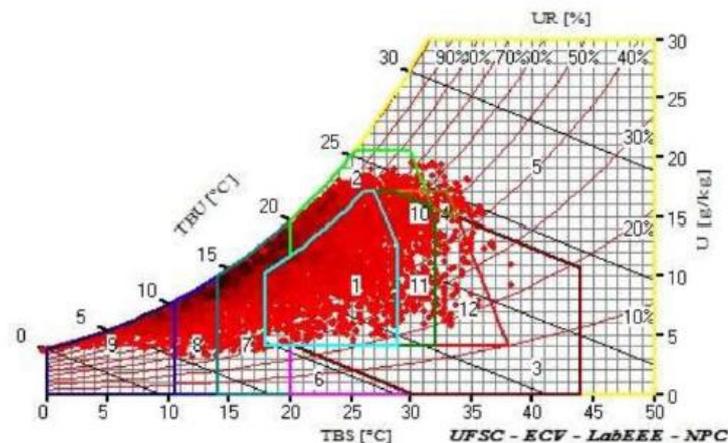
Fonte: NORMA ABNT 15220-3 (2005).

Batista et al. (2010), diz que mesmo que esta norma seja destinada às unidades habitacionais de interesse social, as recomendações que estabelece visam melhorar e qualificar o desempenho térmico e são fundamentadas com estratégias de adaptação da própria edificação. Flores (2014, p. 76), seguindo a os passos de Olgyay, Givoni e da NBR 15220, faz a construção de uma carta bioclimática para a cidade de Santa Maria, com o ano climático de referência utilizando o software AnalysisBio do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (Figura 2).

Flores (2014), descreve as estratégias de resfriamento e aquecimento para a cidade de Santa Maria através do ano climático de referência (TRY):

- a) inércia térmica com aquecimento solar (29,4% do ano);
- b) aquecimento solar passivo (13% do ano);
- c) aquecimento artificial (8,86% do ano) para o inverno;
- d) ventilação natural (18,4% do ano) para o verão.

Figura 02: Carta bioclimática de Santa Maria



Fonte: FLORES (2014, p. 76)

Significa dizer que:

(...) a ventilação natural, no verão, com a sugestão de que as edificações tenham suas fachadas de aberturas maiores direcionadas a leste e sudeste. Para o inverno, sugere-se o aquecimento solar/inércia térmica, que pode ser feita através de técnicas como a orientação solar adequada, a cor dos fechamentos, o emprego de painéis refletorres externos e parede trombe. Ainda se destaca também o uso de isolamento térmico, com materiais como cortiça, isopor, lã de vidro e o concreto celular, os quais possuem capacidade de reduzir a transferência de calor e, com a inércia térmica advinda do calor retido nas paredes da edificação, podem auxiliar na climatização do ambiente nos horários mais frios (FLORES,2014, p.104).

Para as medições propostas por Flores (2014), e pela Norma 15575/2013 são utilizados os seguintes termos técnicos:

- APP – Ambiente de permanência prolongada: ambientes de ocupação contínua por um ou mais indivíduos, incluindo sala de estar, sala de jantar, sala íntima, dormitórios, sala de TV ou ambientes de usos similares aos citados.
  - APT – Ambiente de permanência transitória: ambientes de ocupação transitória por um ou mais indivíduos. São considerados ambientes de permanência transitória: cozinha, lavanderia ou área de serviço, banheiro, circulação, varanda aberta ou fechada com vidro, solarium, garagem ou ambientes de usos similares aos citados.
  - $A_{p,APP}$  – Área de piso do APP: área disponível para ocupação medida entre os limites internos das paredes que delimitam o APP.
  - $A_{p,UH}$  – Área de piso dos APP da UH: representa a soma das áreas de piso de todos os APPs da unidade habitacional (UH).
  - $A_{t,APP}$  – Área de superfície dos elementos transparentes do APP: representa a soma das áreas de superfície dos elementos transparentes do APP, em  $m^2$ . Para APPs com duas ou mais aberturas com elementos transparentes, o valor de  $A_{t,APP}$  equivale ao somatório das áreas de superfície dos elementos transparentes das aberturas.
  - $CgTA$  – Carga térmica de aquecimento: quantidade de calor a ser fornecida ao ar para manter as condições desejadas em um ambiente.
  - $CgTR$  – Carga térmica de refrigeração: quantidade de calor a ser retirada do ar para manter as condições desejadas em um ambiente.
  - $CgTT$  – Carga térmica total: quantidade total de calor, fornecida ou retirada do ar, para manter as condições desejadas em um ambiente.
  - PHFT – Percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa: diferença entre o valor de PHFT obtido pelo Modelo Real em relação ao valor de PHFT obtido pelo Modelo de Referência.
  - RedCgTT – Redução da carga térmica total: redução percentual da  $CgTT$  obtida pelo Modelo Real em relação à  $CgTT$  obtida pelo Modelo de Referência.
  - $To$  – Temperatura operativa: valor médio entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média do ambiente.
  - Tomáx – Temperatura operativa anual máxima: temperatura operativa anual máxima observada em um APP, durante o seu período de ocupação. A temperatura operativa anual máxima da UH é considerada como a maior entre os valores dos APPs.
  - Tomín – Temperatura operativa anual mínima: valor médio entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média do ambiente.
- UH – Unidade habitacional: bem imóvel

destinado à moradia e dotado de acesso independente. Corresponde a uma unidade de uma edificação multifamiliar (apartamento) ou a uma edificação unifamiliar (casa).

## 2.2 NORMA ABNT NBR 15575/2013

Esta Norma, sob o título geral de “Edificações Habitacionais – Desempenho”, contém as seguintes partes:

- Parte 1: Requisitos gerais
- Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais
- Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos
- Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas
- Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas
- Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários

Vale ressaltar que a ABNT NBR 15575/2013 não tem por escopo a constituição de parâmetros cuja conformidade seja demasiadamente difícil de ser alcançada. Tampouco determina critérios de desempenho que se encontram além do atual cenário construtivo do país. Pelo contrário, a norma tem por intuito a simples regularização daquilo que, indiretamente, já se exigia da boa construção civil em termos de edificações habitacionais. Desse modo, pode-se afirmar que a ABNT NBR 15575 surge como uma soma de esforços cujo intento máximo é definir critérios normativos capazes de criar uma base sólida para o progresso da construção civil nacional (RESENDE; FILHO; NASCIMENTO, 2014).

### 2.2.1 NBR 15575 para Desempenho Acústico

A parte 4 da norma ABNT NBR 15575:2013 se refere ao desempenho das vedações internas e externas. São tratados todos os campos abordados pela norma, inclusive o desempenho acústico, foco deste trabalho. Dentro do quesito desempenho acústico, são estabelecidos os requisitos, critérios e métodos para avaliação do desempenho acústico dos Sistema de Vedação Vertical Interno e Externo (SVVIE) entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns (ABNT, 2013).

Para a avaliação do isolamento acústico de um sistema de vedação interna ou externa, a presente parte da Norma possibilita a utilização de três métodos:

- Método de precisão realizado em laboratório;

- Método de engenharia realizado em campo;
- Método simplificado de campo

Ela também menciona os critérios para avaliação do desempenho térmico de edificações e classifica-os quanto à qualidade do desempenho, podendo ser mínimo (M), intermediário (I) e superior (S) de acordo as características como transmitância térmica, absorvância e capacidade térmica e conforme a zona bioclimática.

### **2.2.2 NBR 15575 para Desempenho Térmico**

O capítulo 11 da NBR 15575-1 (ABNT, 2013) chamado de Desempenho Térmico, expõe os procedimentos e critérios para avaliação da edificação. “A edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática definida na ABNT NBR 15220-3” (ABNT, 2013).

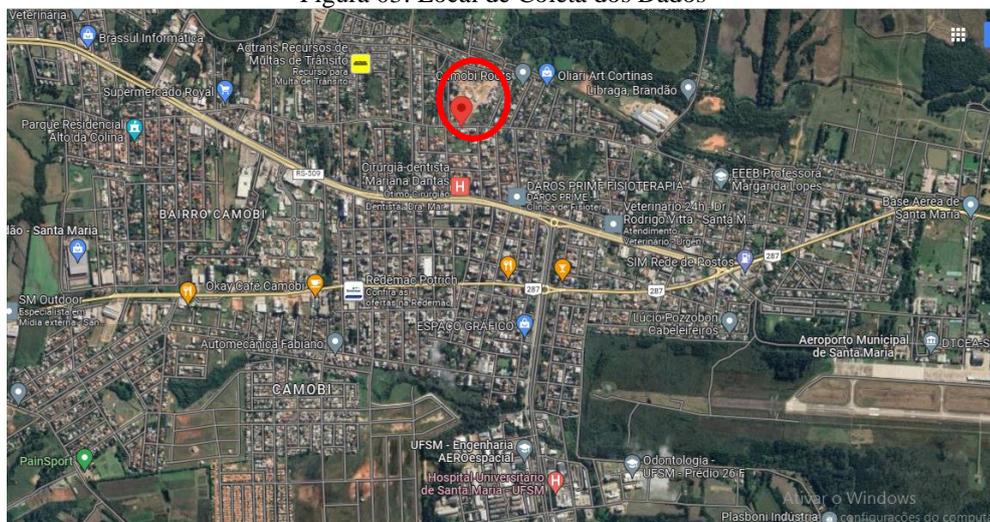
A NBR 15575-4 (ABNT, 2013) é a parte particular da Norma dedicada ao desempenho térmico das vedações verticais externas. Ela apresenta os requisitos e critérios para verificação dos níveis mínimos de desempenho térmico de vedações verticais externas e internas. O método de avaliação é a análise do projeto. Os sistemas do edifício devem ser adequadamente detalhados e especificados em projeto, de modo a possibilitar a avaliação da sua vida útil. É desejável conhecer as especificações dos elementos e componentes empregados de modo que possa ser avaliada a sua adequabilidade de uso. Deve-se prever a manutenibilidade do edifício e de seus sistemas, ou seja, manter a capacidade do edifício e de seus sistemas e permitir ou favorecer as inspeções prediais, bem como as intervenções de manutenção previstas no manual de operação uso e manutenção, com os menores custos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL E COLETA DE DADOS

O local escolhido para a realização dos estudos foi o Residencial Morada do Leste, localizado no bairro Camobi da cidade de Santa Maria, RS (Figura 03). O Morada do Leste é um empreendimento da De Marco Construtora e está com 92% (DE MARCO, 2023) das obras construídas.

Figura 03: Local de Coleta dos Dados



Fonte: Google Maps (2023)

#### 3.2 COLETA E ANÁLISE DOS ENSAIOS

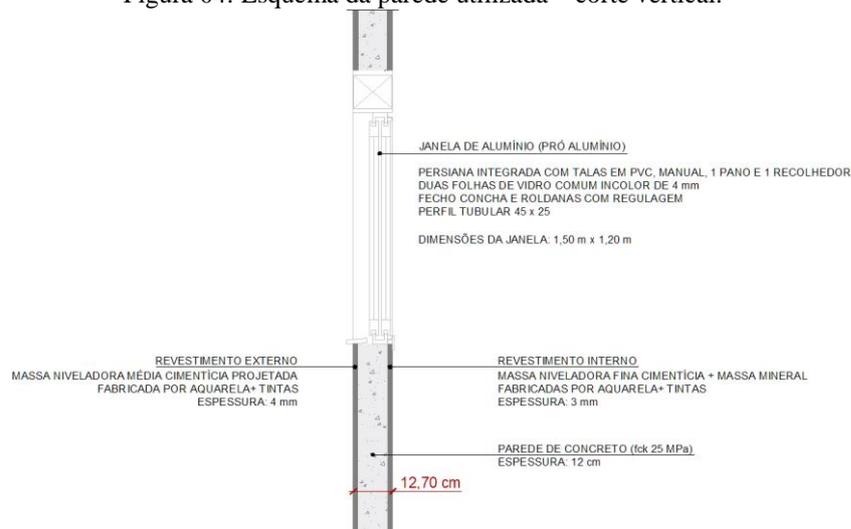
Tanto a coleta como a análise dos dados foram feitas no laboratório MMC LAB Controle Tecnológico Ltda., localizado em Canoas-RS. Os procedimentos foram realizados no dia 23/08/2023, das 08h 00min às 11h 45min, de acordo com a ABNT NBR ISO 16283-1 (Método de Engenharia) e as normas as quais esta faz referência, com o objetivo de avaliar se o sistema construtivo está de acordo com os critérios estabelecidos pela norma brasileira ABNT NBR 15575-4/2013. A norma de 2013 foi utilizada e não a de 2021 porque a obra iniciou antes da atualização. Foram realizados os seguintes ensaios:

##### 3.2.1 Medição de isolamento a ruído aéreo entre sistemas de vedações verticais externas – parede de concreto e esquadria de alumínio

a) *Caracterização da Amostra Avaliada*

O sistema de vedação vertical (Figura 04) externo ensaiado é composto por uma parede de concreto e uma esquadria de alumínio. A parede é de concreto (fck 25 MPa) de 12 cm de espessura. O revestimento interno foi executado em massa niveladora fina cimentícia e massa mineral (aquarela + tintas), totalizando 3 mm de espessura. O revestimento externo foi executado com demãos de tinta emborrachada sobre massa projetada (aquarela + tintas). A área desta parede é de aproximadamente 8,44 m<sup>2</sup>, e nela existe uma janela de alumínio (pró alumínio) com persiana integrada, duas folhas de vidro, fecho concha e roldanas com regulagem. O vidro é comum incolor de 4 mm de espessura, o perfil é tubular 45 x 25 e a persiana é integrada com talas em PVC, manual, 1 pano e 1 recolhedor. A janela tem dimensões de 1,50 m x 1,20 m, perfazendo uma área de aproximadamente 1,80 m<sup>2</sup>. A espessura total da parede é de 12,70 cm. O sistema construtivo utilizado no prédio é piso e paredes de concreto.

Figura 04: Esquema da parede utilizada – corte vertical.



Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

### b) Metodologia dos Ensaios

A metodologia de medição especificada na ABNT NBR ISO 16283-3 está baseada na emissão de ruído na área externa, com uma fonte omnidirecional, formando um ângulo de 45° com a fachada, e medição dos níveis de pressão sonora em bandas de terço de oitava (de 100 Hz a 3150 Hz) na área externa a uma distância de 2 metros da janela e no interior do dormitório (receptor). A diferença entre os níveis, com uma correção segundo as condições acústicas do recinto receptor (obtidas através do tempo de reverberação), resultam na diferença de níveis padronizada ( $D_{2m,nT}$ ), que é convertida em um número único através da ABNT NBR ISO 717-

13, obtendo a diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{2m,nT}$ ), que é o valor comparável com os níveis de desempenho da ABNT NBR 15575-4.

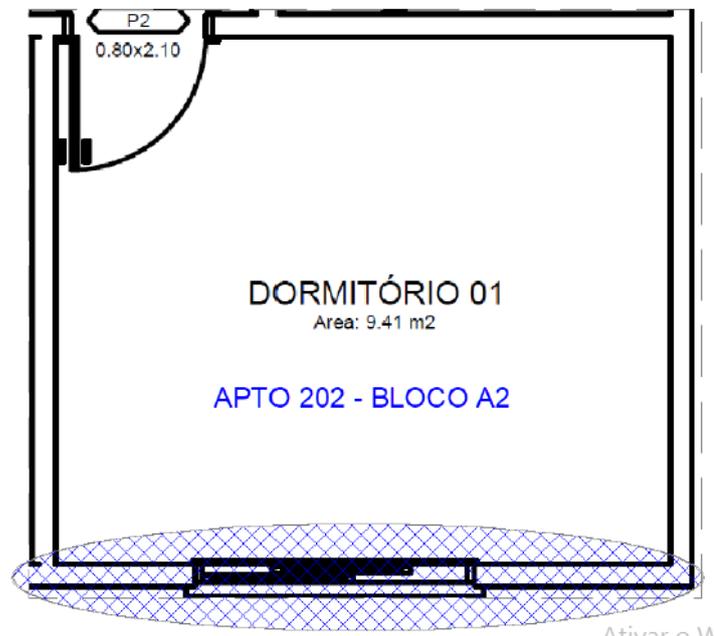
As medições foram realizadas no dormitório, conforme indicado na Tabela 1 e destacado nas Figura 05. O sinal de emissão utilizado foi ruído rosa.

Tabela 01: Descrição dos locais de ensaio.

Tipo	Sistema	Parâmetro	Cômodo	Apartamentos
Ruído de Fachada	Fachada	$D_{2m,nT,w}$	Dormitório 01	202 – Bloco A2

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

Figura 05: Planta do dormitório onde foram realizadas as medições, com destaque para a fachada ensaiada.



Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

Durante o período das medições foi utilizado protetor de vento no microfone posicionado externamente e o ambiente receptor estava com todas as portas e janelas fechadas.

### c) Instrumentação Utilizada

- Medidor de nível de pressão sonora marca 01dB, modelo Fusion – Classe 1 – Número de série 12947. Certificado de calibração n°: A0675/22;
- Calibrador de nível sonoro marca 01dB, modelo Cal31 – Classe 1 – Número de série 95015. Certificado de calibração n°: 0037/2023;
- Microfone ½’’ Condensador Pré-Polarizado marca GRAS, modelo 40CE – Número de série 449409. Certificado de calibração n°: A0675/22;

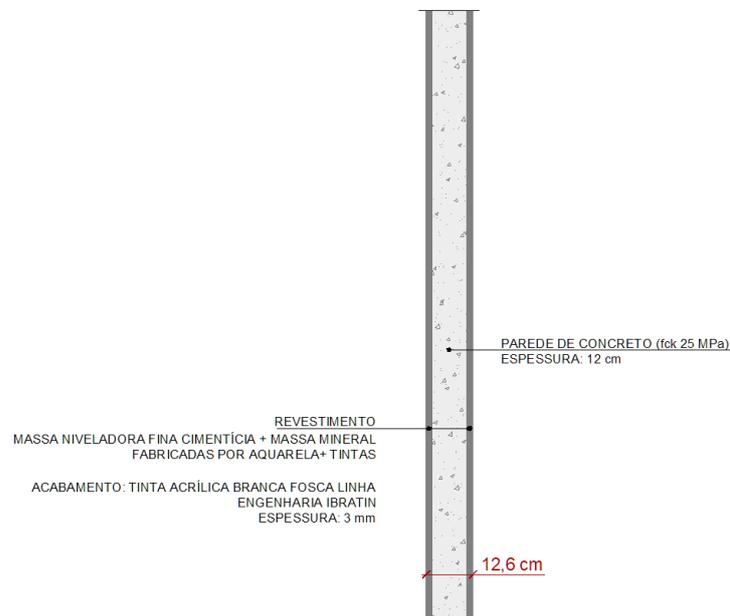
- Amplificador de potência marca Brüel & Kjaer, modelo 2734 – Número de série 033006;
- Fonte sonora omnidirecional marca Brüel & Kjaer, modelo 4292;
- Software Qualifier Type 7830 marca Brüel & Kjaer, versão 2.18.6.

### 3.2.2 Medição de isolamento a ruído aéreo em sistemas de vedações verticais internas – parede de concreto

#### a) Caracterização da Amostra Avaliada

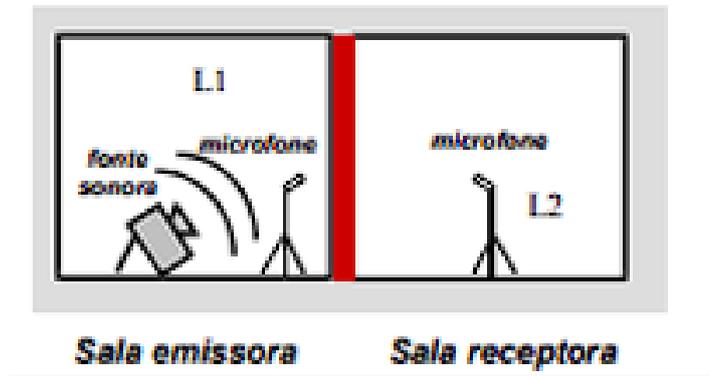
O sistema de vedação vertical interno ensaiado é composto por uma parede de concreto (fck 25 MPa) de 12 cm de espessura. O revestimento foi executado em massa niveladora fina cimentícia e massa mineral (aquarela + tintas), com 3 mm de espessura em cada face da parede. O acabamento foi executado com tinta acrílica branca fosca linha Engenharia Ibratin. A espessura total da parede é de 12,60 cm, conforme demonstrado nas Figuras 06 e 07. O sistema construtivo utilizado no prédio é pisos e paredes de concreto.

Figura 6: Esquema da parede utilizada – corte vertical.



Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

Figura 07: Medição de nível sonoro aéreo



Fonte: PIRES; IKEDA; AKUTSU, (2022)

### b) Metodologia dos Ensaios

A metodologia de medição especificada na ABNT NBR ISO 16283-1, para a obtenção da diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ), está baseada na emissão de ruído em um dos ambientes através de uma fonte sonora omnidirecional, e medição dos níveis de pressão sonora em bandas de terço de oitava (de 100 Hz a 3150 Hz) no recinto onde a fonte está localizada e no recinto subjacente (receptor). A diferença entre os níveis, com uma correção segundo as condições acústicas do recinto receptor (obtidas através do tempo de reverberação), resultam na diferença de níveis padronizada ( $D_{nT}$ ), que é convertida em um número único através da ABNT NBR ISO 717-13, obtendo a diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ), que é o valor comparável com os níveis de desempenho da ABNT NBR 15575-4.

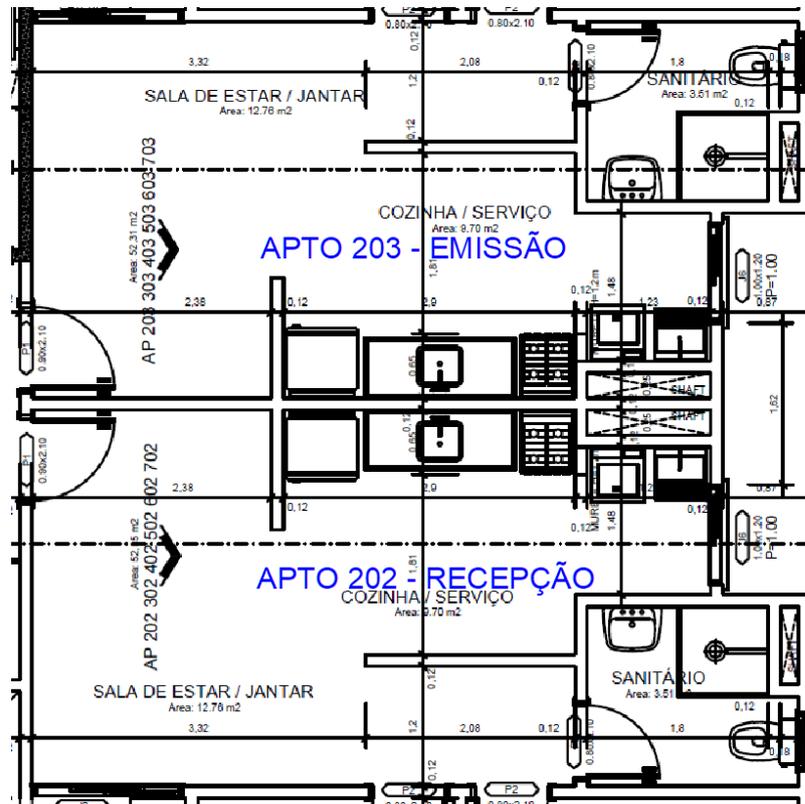
As medições foram realizadas entre salas, conforme indicado na Tabela 02 e destacado da Figura 08. O sinal de emissão utilizado foi ruído branco e tanto o ambiente emissor quanto receptor, que fizeram parte do ensaio, estavam com janelas e portas fechadas.

Tabela 02: Descrição dos locais de ensaio.

Tipo	Sistema	Parâmetro	Cômodo	Apartamentos
Ruído Aéreo	Parede	$D_{nT,w}$	Estar/Jantar/Cozinha	202/203 – Bloco A2

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

Figura 08: Planta dos ambientes onde foram realizadas as medições.



Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

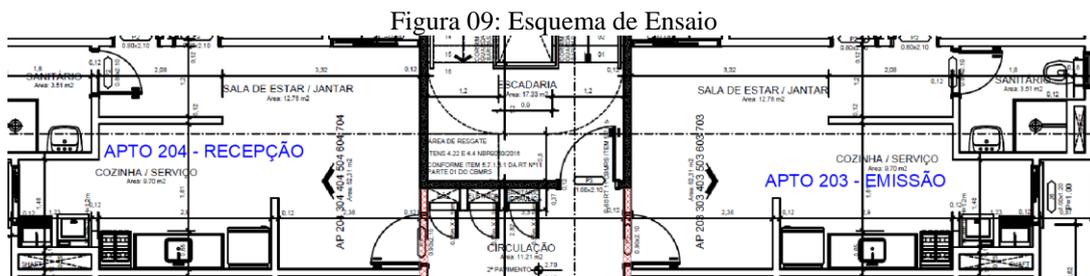
### c) Instrumentação Utilizada

- Medidor de nível de pressão sonora marca 01dB, modelo Fusion – Classe 1 – Número de série 12947. Certificado de calibração n°: A0675/22;
- Calibrador de nível sonoro marca 01dB, modelo Cal31 – Classe 1 – Número de série 95015. Certificado de calibração n°: 0037/2023;
- Microfone ½” Condensador Pré-Polarizado marca GRAS, modelo 40CE – Número de série 449409. Certificado de calibração n°: A0675/22;
- Amplificador de potência marca Brüel & Kjaer, modelo 2734 – Número de série 033006;
- Fonte sonora omnidirecional marca Brüel & Kjaer, modelo 4292;
- Software Qualifier Type 7830 marca Brüel & Kjaer, versão 2.18.6.

## 3.2.3 Medição de isolamento a ruído aéreo em sistemas de vedações verticais internas – paredes de concreto e separados pelo hall de entrada

### a) Caracterização da Amostra Avaliada

O sistema de vedação vertical ensaiado é composto pelas paredes de concreto e pelas portas de entrada dos apartamentos, separados pelo hall de circulação. As paredes foram executadas em concreto (fck 25 MPa) de 12 cm de espessura. O revestimento foi executado em massa niveladora fina cimentícia e massa mineral (aquarela + tintas), com 3 mm de espessura em cada face da parede. O acabamento foi executado com tinta acrílica branca fosca linha Engenharia Ibratin. As portas de entrada dos apartamentos são semissólidas pinus 90 x 209 cm com guilhotina de vedação inferior da Rohden Portas. O sistema construtivo utilizado no prédio é piso e paredes de concreto. O ensaio é realizado com as portas fechadas, para verificar o isolamento acústico entre o conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pela circulação condominial ou hall de entrada. Na Figura 09, é destacado em vermelho os conjuntos de portas e paredes entre os apartamentos e o hall de entrada.



Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

### b) Metodologia dos Ensaios

A metodologia de medição especificada na ABNT NBR ISO 16283-1, para a obtenção da diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ), está baseada na emissão de ruído em um dos ambientes através de uma fonte sonora omnidirecional, e medição dos níveis de pressão sonora em bandas de terço de oitava (de 100 Hz a 3150 Hz) no recinto onde a fonte está localizada e no recinto subjacente (receptor). A diferença entre os níveis, com uma correção segundo as condições acústicas do recinto receptor (obtidas através do tempo de reverberação), resultam na diferença de níveis padronizada ( $D_{nT}$ ), que é convertida em um número único através da ABNT NBR ISO 717-13, obtendo a diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ), que é o valor comparável com os níveis de desempenho da ABNT NBR 15575-4.

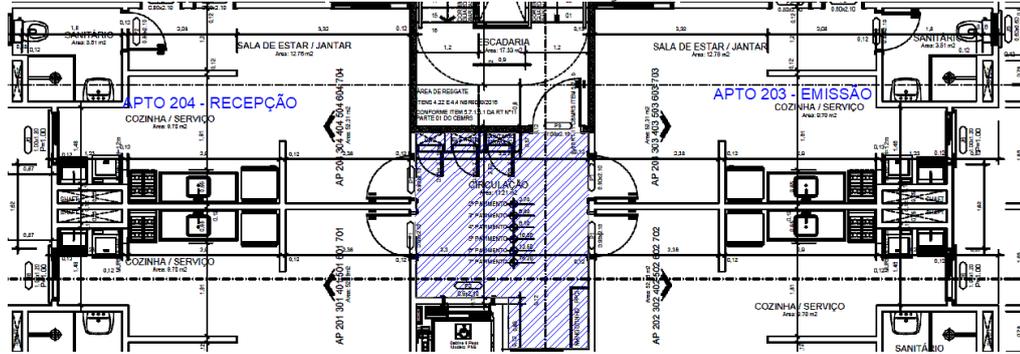
As medições foram realizadas entre apartamentos, conforme indicado na Tabela 03 e destacado da Figura 10. O sinal de emissão utilizado foi ruído branco e tanto o ambiente emissor quanto receptor, que fizeram parte do ensaio, estavam com janelas e portas fechadas.

Tabela 3: Descrição dos locais de ensaio.

Tipo	Sistema	Parâmetro	Cômodo	Apartamentos
Ruído Aéreo	Parede	$D_{nT,w}$	Estar/Jantar/Cozinha	202/203 – Bloco A2

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

Figura 10: Planta dos ambientes onde foram realizadas as medições (destacado em azul o hall de circulação).



Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

### c) Instrumentação Utilizada

- Medidor de nível de pressão sonora marca 01dB, modelo Fusion – Classe 1 – Número de série 12947. Certificado de calibração n°: A0675/22;
- Calibrador de nível sonoro marca 01dB, modelo Cal31 – Classe 1 – Número de série 95015. Certificado de calibração n°: 0037/2023;
- Microfone ½” Condensador Pré-Polarizado marca GRAS, modelo 40CE – Número de série 449409. Certificado de calibração n°: A0675/22;
- Amplificador de potência marca Brüel & Kjaer, modelo 2734 – Número de série 033006;
- Fonte sonora omnidirecional marca Brüel & Kjaer, modelo 4292;
- Software Qualifier Type 7830 marca Brüel & Kjaer, versão 2.18.6.

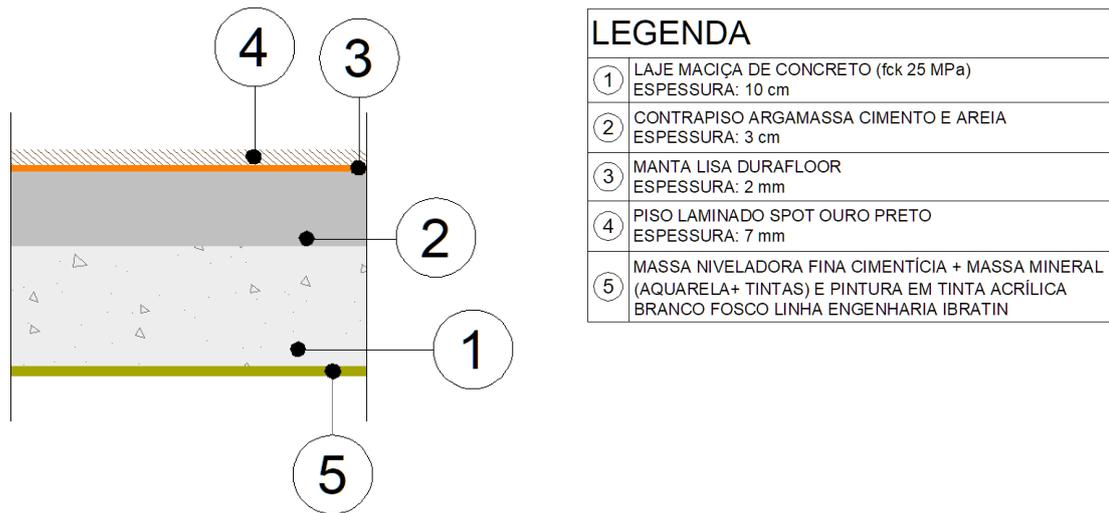
## 3.2.4 Medição de isolamento a ruído de impacto em sistemas de pisos – laje, contrapiso e revestimento de piso

### a) Caracterização da Amostra Avaliada

O sistema de piso ensaiado é composto por uma laje, contrapiso, revestimento de piso e de teto. A laje é maciça de concreto armado (fck 25 MPa) de 10 cm de espessura. Sobre a laje, foi executado contrapiso de argamassa de cimento e areia, totalizando 3 cm de espessura. Como cabamento foi aplicado piso laminado Durafloor Spot Ouro preto de 7 mm de espessura sobre

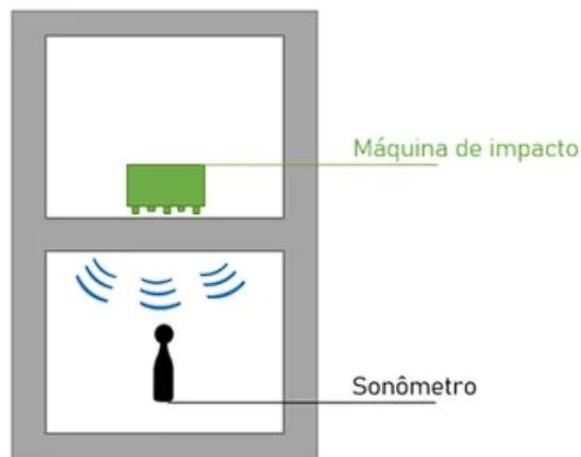
manta lisa Durafloor de 2 mm de espessura. No teto foi utilizado massa niveladora fina cimentícia e massa mineral (aquarela + tintas) e pintura em tinta acrílica branco fosco linha Engenharia Ibratin. O sistema construtivo utilizado no prédio é pisos e paredes de concreto. A Figuras 11 e 12 ilustram o sistema de piso avaliado.

Figura 11: Esquema do piso utilizado – corte vertical.



Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

Figura 12: Ilustração do ensaio para determinação de isolamento sonora de sistemas de piso ao ruído de Impacto.



Fonte: PIRES; IKEDA; AKUTSU, (2022)

b) Metodologia dos Ensaiois

A metodologia de medição especificada na ABNT NBR ISO 16283-2 está baseada na emissão de ruído de impacto, através de uma máquina de impactos padronizada, no recinto superior (emissor), e medição do nível de pressão sonora em bandas de terço de oitava (de 100 Hz a 3150 Hz) no recinto subjacente (receptor). O nível registrado é processado com uma correção, segundo as condições acústicas do recinto receptor (obtidas através do tempo de reverberação), e resulta no nível de pressão sonora de impacto padronizado ( $L'_{nT}$ ). Este é convertido em um número único através da ABNT NBR ISO 717-23, obtendo o nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ), que é o valor comparável com os níveis de desempenho da ABNT NBR 15575-3.

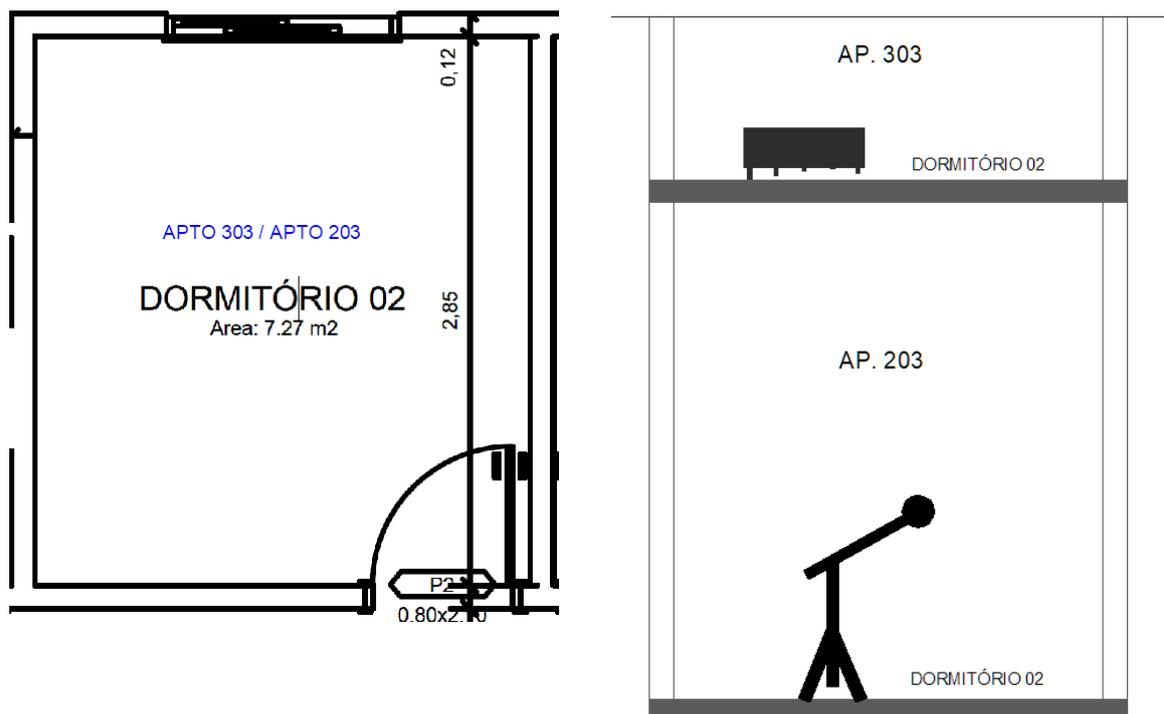
As medições foram realizadas entre dormitórios, conforme indicado na Tabela 04 e destacado na Figura 13. Tanto o ambiente emissor quanto o receptor estavam com janelas e portas fechadas.

Tabela 04: Descrição dos locais de ensaio.

Tipo	Sistema	Parâmetro	Cômodo	Apartamentos
Ruído de Impacto	Piso	$L'_{nT,w}$	Dormitório 02	303/203 – Bloco A2

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

Figura 13: Planta dos ambientes onde foram realizadas as medições e corte esquemático do ensaio.



Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

c) *Instrumentação Utilizada*

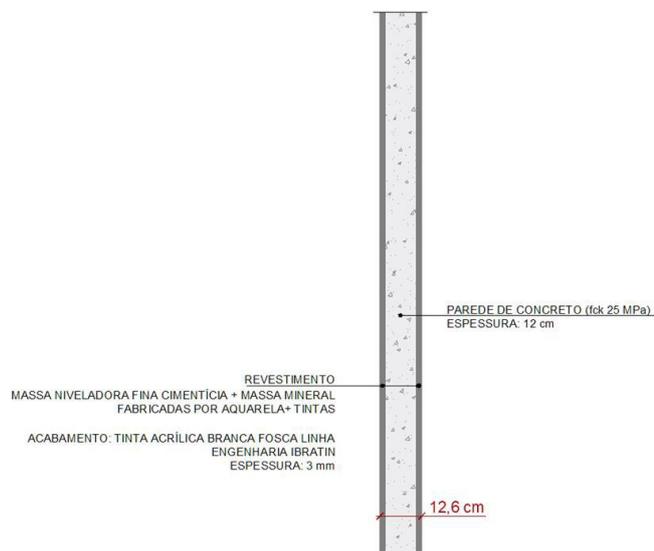
- Medidor de nível de pressão sonora marca 01dB, modelo Fusion – Classe 1 – Número de série 12947. Certificado de calibração n°: A0675/22;
- Calibrador de nível sonoro marca 01dB, modelo Cal31 – Classe 1 – Número de série 95015. Certificado de calibração n°: 0037/2023;
- Microfone ½” Condensador Pré-Polarizado marca GRAS, modelo 40CE – Número de série 449409. Certificado de calibração n°: A0675/22;
- Máquina de impacto marca Brüel & Kjaer, modelo 3207– Número de série 2751500;
- Software Qualifier Type 7830 marca Brüel & Kjaer, versão 2.18.6.

### 3.2.5 Medição de isolamento a ruído aéreo em sistemas de vedações verticais internas – parede de concreto, entre sala e escadaria

a) *Caracterização da Amostra Avaliada*

O sistema de vedação vertical interno ensaiado é composto por uma parede de concreto (fck 25 MPa) de 12 cm de espessura. O revestimento foi executado em massa niveladora fina cimentícia e massa mineral (Aquarela + tintas), com 3 mm de espessura em cada face da parede. O acabamento foi executado com tinta acrílica branca fosca linha Engenharia Ibratin. A espessura total da parede é de 12,60 cm, conforme demonstrado na Figura 14. O sistema construtivo utilizado no prédio é pisos e paredes de concreto.

Figura 14: Esquema da parede utilizada – corte vertical.



Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

### b) Metodologia dos Ensaiois

A metodologia de medição especificada na ABNT NBR ISO 16283-1, para a obtenção da diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ), está baseada na emissão de ruído em um dos ambientes através de uma fonte sonora omnidirecional, e medição dos níveis de pressão sonora em bandas de terço de oitava (de 100 Hz a 3150 Hz) no recinto onde a fonte está localizada e no recinto subjacente (receptor). A diferença entre os níveis, com uma correção segundo as condições acústicas do recinto receptor (obtidas através do tempo de reverberação), resultam na diferença de níveis padronizada ( $D_{nT}$ ), que é convertida em um número único através da ABNT NBR ISO 717-1, obtendo a diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ), que é o valor comparável com os níveis de desempenho da ABNT NBR 15575-4.

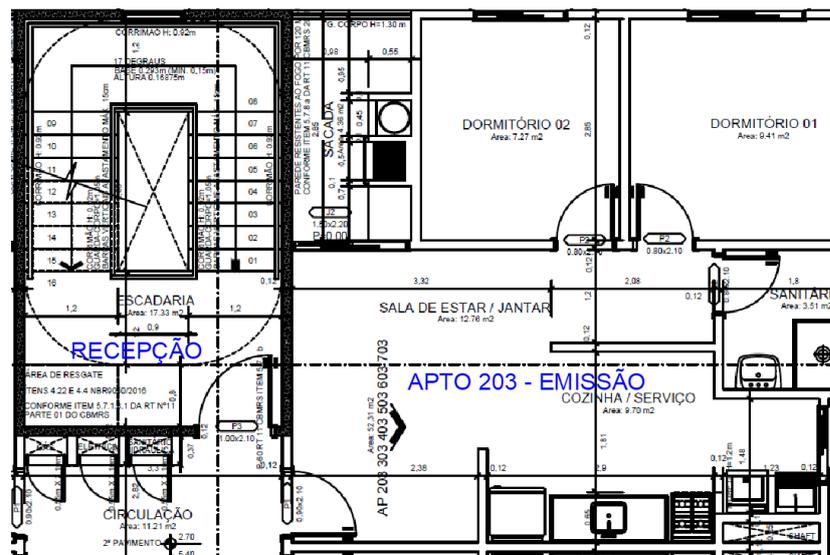
As medições foram realizadas entre sala e escadaria, conforme indicado na Tabela 5 e destacado da Figura 15. O sinal de emissão utilizado foi ruído branco e tanto o ambiente emissor quanto receptor, que fizeram parte do ensaio, estavam com janelas e portas fechadas.

Tabela 5: Descrição dos locais de ensaio.

Tipo	Sistema	Parâmetro	Cômodo	Apartamentos
Ruído de Aéreo	Parede	$D_{nT,w}$	Estar/Jantar/Escadaria	203 / Escadaria – Bloco A2

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

Figura 15: Planta dos ambientes onde foram realizadas as medições e corte esquemático do ensaio.



Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

c) *Instrumentação Utilizada*

- Medidor de nível de pressão sonora marca 01dB, modelo Fusion – Classe 1 – Número de série 12947. Certificado de calibração n°: A0675/22;
- Calibrador de nível sonoro marca 01dB, modelo Cal31 – Classe 1 – Número de série 95015. Certificado de calibração n°: 0037/2023;
- Microfone ½’’ Condensador Pré-Polarizado marca GRAS, modelo 40CE – Número de série 449409. Certificado de calibração n°: A0675/22;
- Amplificador de potência marca Brüel & Kjaer, modelo 2734 – Número de série 033006;
- Fonte sonora omnidirecional marca Brüel & Kjaer, modelo 4292;
- Software Qualifier Type 7830 marca Brüel & Kjaer, versão 2.18.6.

### 3.2.6 Avaliação de desempenho térmico por simulação computacional NBR 15.575 – ambientes de permanência prolongada (APP) e ambientes de permanência transitória (APT)

O procedimento de simulação computacional requer a modelagem de toda a UH, incluindo ambientes de permanência prolongada (APP) e ambientes de permanência transitória (APT). No caso de unidades habitacionais de edificações multifamiliares, devem ser considerados o pavimento térreo, o (s) pavimento (s) tipo e o pavimento de cobertura. Na Figura 16, observa-se a sugestão da Norma para delimitação dos pavimentos a serem representados no modelo computacional:

Figura 16: Exemplo da delimitação dos pavimentos a serem representados no modelo computacional.

Corte esquemático da edificação		Número de pavimentos a serem representados na modelagem computacional
Uso residencial	Pavimento de cobertura	Modelagem de todas as UH
Uso residencial		
Uso residencial	Agrupamento de pavimentos idênticos*: Pavimento tipo 5	Modelagem de todas as UH
Uso residencial	Pavimento tipo 4 (cobertura parcialmente exposta)	Modelagem de todas as UH
Uso residencial	Pavimento tipo 3	Modelagem de todas as UH
Uso não residencial	Pavimento tipo 2	Representação como APT
Uso residencial	Agrupamento de pavimentos idênticos*: Pavimento tipo 1	Modelagem de todas as UH
Uso residencial		
Uso não residencial	Pavimento térreo	Representação como APT

\*Idênticos quanto à geometria e características construtivas

Superfície do solo

Fonte: ABNT NBR 15575-1:2013.

É avaliado o desempenho térmico anual da envoltória da edificação em relação à envoltória com características de referência. Neste procedimento devem ser elaborados dois modelos, Real e Referência, conforme segue:

- O modelo real deve representar a edificação a ser analisada, conforme as características volumétricas, percentuais de elementos transparentes e de aberturas para ventilação, as propriedades térmicas dos sistemas construtivos e presença de elementos de sombreamento externos fixos na fachada, quando existentes (por exemplo, brises, beirais e venezianas);
- O modelo de referência representa a edificação avaliada, mas com características de referência estabelecidas na Norma. Este modelo deve manter a volumetria do modelo real, alterando os percentuais de elementos transparentes e de aberturas para ventilação, bem como as propriedades térmicas dos sistemas construtivos. Nesse modelo não são considerados os elementos de sombreamento externos fixos na fachada e não é considerada a presença de sacadas.

Nesse estudo, foram consideradas as características do modelo de referência que constam na ABNT NBR 15575-1:2013, no item 11.4.7.2. A modelagem da edificação deve considerar a ocorrência de cargas internas por meio da ocupação dos usuários nos APP e do uso de iluminação artificial e de equipamentos, tanto para o modelo real quanto para o de referência. Foram considerados os valores apresentados no item 11.4.7.3 da Norma.

Quando avaliado o desempenho térmico para atendimento ao nível mínimo, os modelos real e de referência devem ser simulados considerando somente o uso da ventilação natural no APP. Para obtenção dos níveis intermediário e superior, os modelos real e de referência devem ser simulados em duas condições de uso dos APP: com o uso de ventilação natural e sem o uso da ventilação natural.

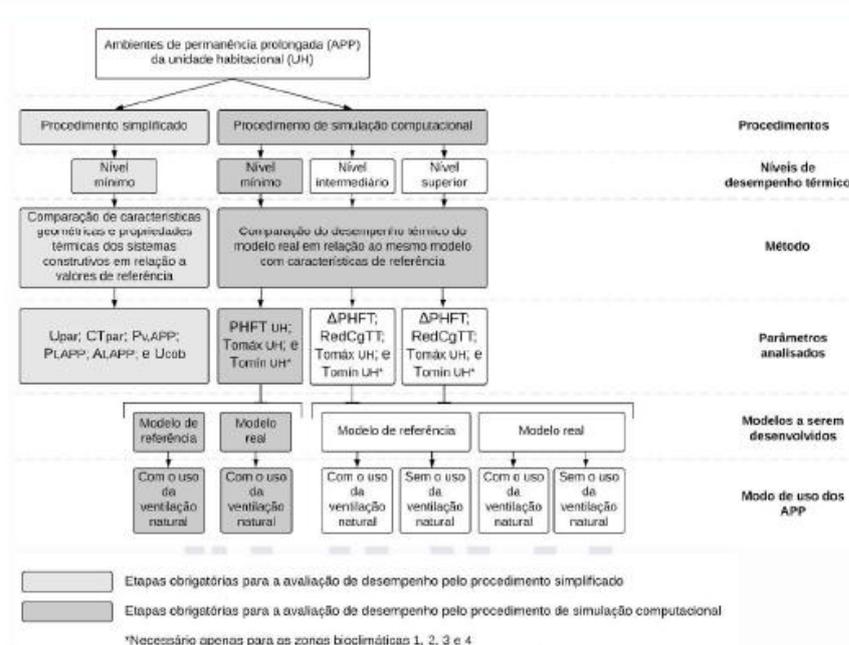
#### *d) Instrumentação Utilizada*

O procedimento de simulação computacional avalia o desempenho térmico da UH por meio do desenvolvimento de modelos computacionais em um programa compatível com as características descritas no item 11.4.1 da ABNT NBR 15575-1:2013. Nesse caso, foi utilizado o software *EnergyPlus*, em sua última versão disponibilizada para download no site oficial.

O desempenho térmico das UH é caracterizado por meio da delimitação de três níveis de desempenho: Mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S). É de caráter obrigatório o

atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para o nível de desempenho mínimo. O atendimento aos níveis de desempenho Intermediário e Superior é facultativo (Figura 17).

Figura 17: Principais procedimentos para avaliação de desempenho térmico



Fonte: ABNT NBR 15575-1:2013.

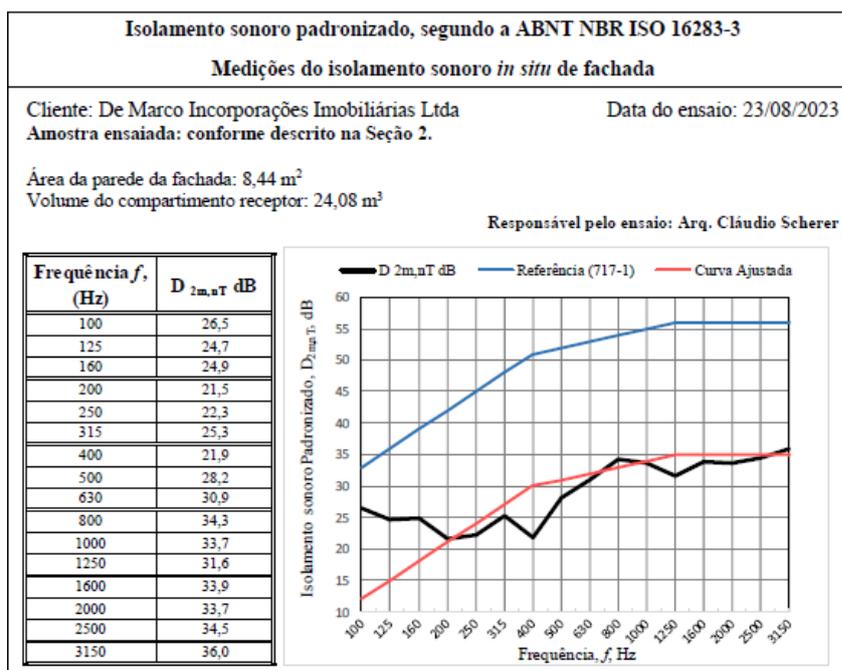
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta de dados segundo as metodologias aplicadas, apresenta-se e discute-se os resultados obtidos com a ABNT NBR 15.575.

### 4.1 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO ENTRE SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS – PAREDE DE CONCRETO E ESQUADRIA DE ALUMÍNIO

Na Figura 18 são apresentados os valores de diferença padronizada de nível ( $D_{2m,nT}$ ) para cada faixa de frequência por banda de terço de oitava, e a diferença padronizada de nível ponderada medido a 2m da fachada ( $D_{2m,nT,w}$ ).

Figura 18: Valores de diferença de nível ponderada de nível ( $D_{2m,nT}$ ) em bandas de terço de oitava - fachada.



Fonte: Classificação de acordo com a ABNT NBR ISO 717-1

$$D_{2m,nT,w} (C;Ctr) = 31 (-1;-2) \text{ dB}$$

O gráfico acima mostra que os dados obtidos para a amostragem está dentro do permitido, pois o valor máximo do isolamento sonoro atingido é de 31 dB. A ABNT NBR 15575-4 estabelece os valores de referência, apresentados na Tabela 06, para os desempenhos de sistemas de vedações verticais externas:

Tabela 06: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{2m,nT,w}$  quanto ao ruído aéreo de fachadas.

Classe de Ruído	Linc dB	$D_{2m,nT,w}$ dB	Nível de Desempenho
I	≤60	≥ 20*	<b>Mínimo</b>
		≥ 25	Intermediário
		≥ 30	Superior
II	61 a 65	≥ 25*	<b>Mínimo</b>
		≥ 30	Intermediário
		≥ 35	Superior
III	66 a 70	≥ 30*	<b>Mínimo</b>
		≥ 35	Intermediário
		≥ 40	Superior

Fonte: ABNT 15575-4.

\*Observação: De acordo com a ABNT NBR 15.575-4, apenas os valores em negrito são obrigatórios.

O *Linc* representa o nível de pressão sonora incidente na fachada do ambiente, simulado ou calculado a partir do *Ld* (nível de pressão sonora representativo do período diurno) ou *Ln* (nível de pressão sonora representativo do período noturno), conforme a ABNT NBR 16425-1 ou ABNT NBR 10151. Deve-se utilizar, entre os descritores *Ld* ou *Ln*, aquele que apresentar nível mais elevado. O cálculo de *Ld* e *Ln* pode ser realizado em programa de simulação computacional, desde que atenda aos requisitos da ISO 17534-1.

O resultado obtido, apresentado na Tabela 07, refere-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.

Tabela 07: Resumo dos resultados

Local	Ensaio	Parâmetro	Valor Obtido
Receptor: Dormitório 01 - Apto. 202 / Bloco A2	Isolamento acústico em sistemas de vedações verticais externas	$D_{2m,nT,w}$	31 dB

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

Os resultados obtidos atendem a norma, pois estão dentro do mínimo exigível. As principais variáveis que afetam o isolamento acústico são a massa do sistema construtivo analisado, a frequência predominante do som incidente e a existência de pontos fracos em elementos construtivos, como portas e janelas (THOMAS; DING, 2018).

Pião, Godinho e Tadeu (2008) estudaram o comportamento acústico de paredes de alvenaria com pequenas aberturas de 36 cm<sup>2</sup>, caracterizadas como elementos que podem compor partes de instalações técnicas de água, esgoto ou eletricidade e, por causa de sua

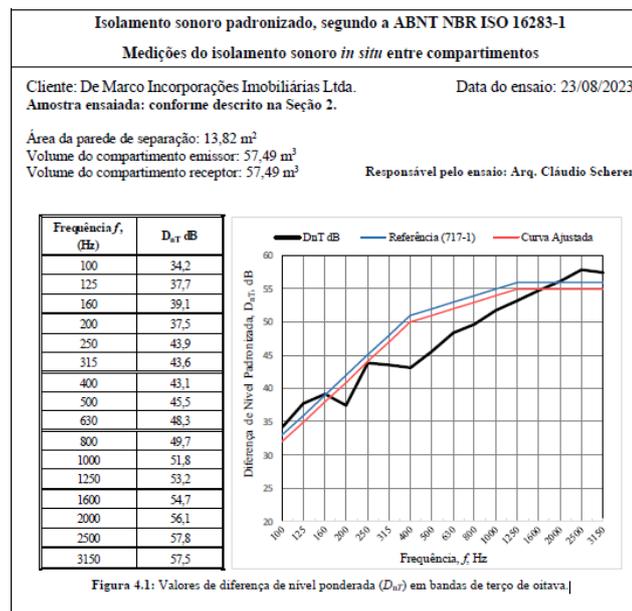
inserção na alvenaria, determinar uma heterogeneidade para a transmissão sonora no sistema de vedação. Uma parede de alvenaria revestida com espessura final de 11 cm pode ter seu isolamento acústico comprometido, com quedas de até 10 dB no isolamento acústico. Foi observado que as perdas de isolamento apresentaram os valores mais elevados nas frequências mais altas, e que, entre todas as amostras ensaiadas, com o aumento da frequência diminuiu o isolamento. Esse comportamento indicou que a existência de pontos fracos em uma parede se fez sentir para menores comprimentos de onda. Diferente dos nossos dados obtidos que são de paredes de concreto, o que significa que não houve queda do desempenho acústico enquanto aumentava-se a frequência, a mesma permaneceu com o desempenho contínuo (Figura 18).

É importante enfatizar que, segundo a NBR 15575, o local de coleta dos dados classifica-se em Classe de Ruído II, significa que a habitação está sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação, justifica-se que local do residencial é bem movimentado por caminhões, ônibus, carros, etc.

#### 4.2 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO EM SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS – PAREDE DE CONCRETO

Na Figura 19 são apresentados os valores de diferença de nível ponderada ( $D_{nT}$ ) para cada faixa de frequência por banda de terço de oitava, e a diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ).

Figura 19: Valores de diferença de nível ponderada ( $D_{nT}$ ) em bandas de terço de oitava - parede de concreto.



Classificação de acordo com a ABNT NBR ISO 717-1  $D_{nT,w}(C;Ctr) = 51 (-2;-5)$  dB

A ABNT NBR 15575-4 estabelece os valores de referência, apresentados na Tabela 08, para os desempenhos de sistemas de vedações verticais internas:

Tabela 08: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{nT,w}$  quanto ao ruído aéreo entre ambientes, nas situações em que não haja ambiente dormitório

Elemento	$D_{nT,w}$ dB	Nível de Desempenho
	40 a 44	Mínimo
Parede entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório.	45 a 49	Intermediário
	$\geq 50$	Superior

Fonte: ABNT 15575-4.

A Tabela 09 apresenta a diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ) obtida no ensaio para a amostra e ambientes ensaiados.

Tabela 09: Resumo dos resultados.

Local	Ensaio	Parâmetro	Valor Obtido
Emissor: Estar/Jantar/Cozinha - Apto. 203 – Bloco A2 Receptor: Estar/Jantar/Cozinha - Apto. 202 – Bloco A2	Isolamento acústico entre sistemas de vedações verticais internas	$D_{nT,w}$	51 dB

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

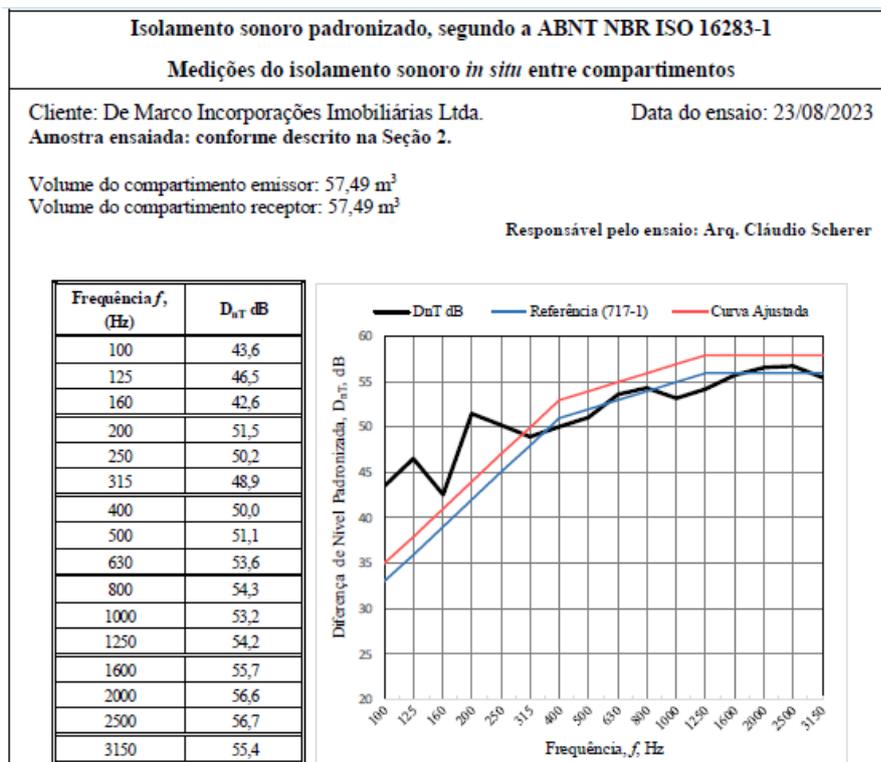
Os resultados obtidos referem-se somente aos ambientes ensaiados, não sendo possível a generalização deste resultado para outros ambientes ou para elementos de separação entre apartamentos com características diferentes. Comparando o resultado obtido com a norma, percebe-se que, também, está de acordo com o que determina (superior). É nítido verificar o desempenho do local com o que a norma apresenta na figura 19, as curvas se aproximam. As classificações de desempenho superior foram constatadas nestas composições (SCHERER et al., 2019).

A influência das circulações de uso comum, das frestas em portas e do alinhamento das portas de unidades habitacionais distintas no isolamento sonoro foi determinada para fins de classificação do desempenho acústico, conforme a atual NBR 15575 (SCHERER et al., 2019). E segundo a própria norma, o valor obtido para  $D_{nT,w}$  é considerado não audível para a inteligibilidade de fala alta no recinto adjacente.

### 4.3 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO EM SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS – PAREDES DE CONCRETO E SEPARADOS PELO HALL DE ENTRADA

Na Figura 20 são apresentados os valores de diferença de nível ponderada ( $D_{nT}$ ) para cada faixa de frequência por banda de terço de oitava, e a diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ) referentes às paredes de concreto e separados pelo hall de entrada.

Figura 20: Valores de diferença de nível ponderada ( $D_{nT}$ ) em bandas de terço de oitava – separados pelo hall.



Classificação de acordo com a ABNT NBR ISO 717-1

$$D_{nT,w} (C;Ctr) = 54 (0;-1) \text{ dB}$$

A ABNT NBR 15575-4 estabelece os valores de referência, apresentados na Tabela 10, para os desempenhos de sistemas de vedações verticais internas:

Tabela 10: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{nT,w}$  quanto ao ruído aéreo entre unidades distintas separadas pelo hall.

Elemento	$D_{nT,w}$ dB	Nível de Desempenho
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ( $D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	40 a 44	Mínimo
	45 a 49	Intermediário
	$\geq 50$	Superior

Fonte: ABNT 15575-4.

A Tabela 11 apresenta a diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ) obtida no ensaio para a amostra e ambientes ensaiados.

Tabela 11: Resumo dos resultados.

Local	Ensaio	Parâmetro	Valor Obtido
Emissor: Estar / Jantar / Cozinha - Apto. 203 – Bloco A2 Receptor: Estar / Jantar / Cozinha - Apto. 204 – Bloco A2	Isolamento acústico entre sistemas de vedações verticais internas	$D_{nT,w}$	54 dB

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

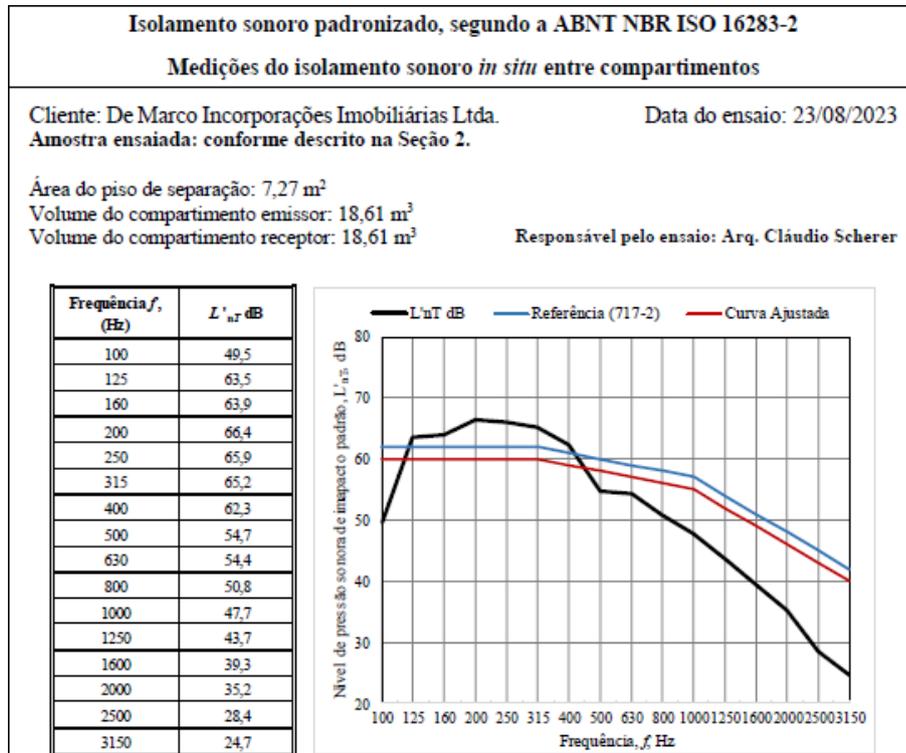
Os resultados obtidos referem-se somente aos ambientes ensaiados, não sendo possível a generalização deste resultado para outros ambientes ou para elementos de separação entre apartamentos com características diferentes. Comparando o resultado obtido com a norma, percebe-se que, também, está de acordo com o que determina (superior). Na imagem 17 apresenta oscilações no desempenho acústico dos locais estudados.

Para a diferença padronizada de nível ponderada, usa-se as normas, ISO 140-4 e ISO 717-1 que é aplicada em vedações verticais e horizontais internas, em edificações (paredes etc.), tornando não audível para inteligibilidade de fala alta no recinto adjacente.

#### 4.4 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO DE IMPACTO EM SISTEMAS DE PISOS – LAJE, CONTRAPISO E REVESTIMENTO DE PISO

Na Figura 21 são apresentados os valores do nível de pressão sonora de impacto padrão ( $L'_{nT}$ ) para cada faixa de frequência por banda de terço de oitava, e do nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado ( $L'_{nT,w}$ ).

Figura 21: Valores do nível de pressão sonora de impacto padrão ( $L'_{nT}$ ) em bandas de terço de oitava.



Classificação de acordo com a ABNT NBR ISO 717-2

$$L'_{nT,w}(Ci) = 58 (0) \text{ dB}$$

A ABNT NBR 15575-3 estabelece os valores de referência, apresentados na Tabela 12, para os desempenhos de sistemas de piso:

Tabela 12: Critério e nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado,  $L'_{nT,w}$  quanto ao ruído de impacto.

Elemento	$DnT,w$ dB	Nível de Desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas sobre dormitório.	66 a 80	Mínimo
	56 a 65	Intermediário
	$\leq 55$	Superior

Fonte: ABNT 15575-4.

A Tabela 13 apresenta o nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado ( $L'_{nT,w}$ ) obtida no ensaio para a amostra e ambientes ensaiados.

Tabela 13: Resumo dos resultados.

Local	Ensaio	Parâmetro	Valor Obtido
Emissor: Dormitório 02 - Apto. 303 / Bloco A2 Receptor: Dormitório 02 - Apto. 203 / Bloco A2	Isolamento a ruído de impacto em sistemas de pisos	$L'_{nT,w}$	58 dB

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

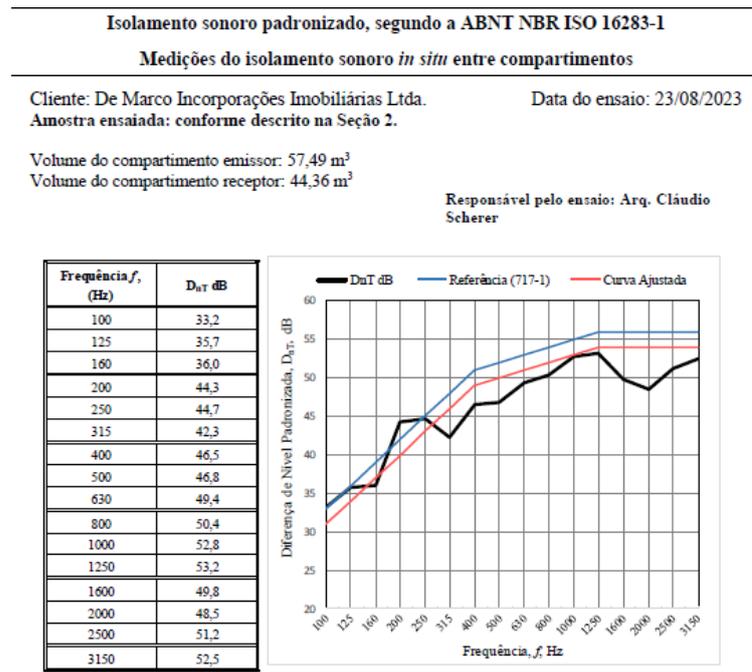
Os resultados obtidos referem-se somente aos ambientes ensaiados, não sendo possível a generalização deste resultado para outros ambientes ou para elementos de separação entre apartamentos com características diferentes. Percebe-se neste resultado de que ele está em nível intermediário segundo a norma NBR, ainda aceitável.

Na NBR 15575:3, trata que são considerados o isolamento de ruído de impacto no sistema de piso (caminhamento, queda de objetos e outros) e o isolamento de ruído aéreo (conversas, som proveniente de TV e outros), segundo a norma 15575, partindo do valor obtido 58 dB, é considerado intermediário, entretanto a norma tolera ruídos de impacto até 80 dB. Ou seja, os pisos garantem o conforto acústico aos usuários, mesmo sendo intermediário.

#### 4.5 MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO A RUÍDO AÉREO EM SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS – PAREDE DE CONCRETO, ENTRE SALA E ESCADARIA

Na Figura 22 são apresentados os valores de diferença de nível ponderada ( $D_{nT}$ ) para cada faixa de frequência por banda de terço de oitava, e a diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ).

Figura 22: Valores de diferença de nível ponderada ( $D_{nT}$ ) em bandas de terço de oitava.



Classificação de acordo com a ABNT NBR ISO 717-1

$$D_{nT,w}(C;Ctr) = 50 (-1;-3) \text{ dB}$$

A ABNT NBR 15575-4 estabelece os valores de referência, apresentados na Tabela 14, para os desempenhos de sistemas de vedações verticais internas:

Tabela 14: Critérios de diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{nT,w}$  quanto ao ruído aéreo entre ambientes, nas situações onde não haja ambiente dormitório.

Elemento	$D_{nT,w}$ dB	Nível de Desempenho
Parede cega entre uma unidade habitacional e as áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos, nas situações em que não haja ambiente dormitório	30 a 44	Mínimo
	35 a 39	Intermediário
	$\geq 40$	Superior

Fonte: ABNT 15575-4.

A Tabela 15 apresenta a diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ) obtida no ensaio para a amostra e ambientes ensaiados.

Tabela 15: Resumo dos resultados.

Local	Ensaio	Parâmetro	Valor Obtido
Emissor: Estar/Jantar/Cozinha - Apto. 203 – Bloco A2 Receptor: Escadaria / Bloco A2	Isolamento acústico entre sistemas de vedações verticais internas	$D_{nT,w}$	50 dB

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

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. Os resultados obtidos resultaram, segundo a NBR, o nível superior de desempenho.

O ruído aéreo é a perturbação do ar que faz vibrar aos elementos construtivos convertendo-os em emissores acústicos. É recebida pelo ar e transmite-se por via aérea ou estrutural. A NBR 15575, traz como novidade a norma de desempenho, que prevê o atendimento aos requisitos em edifício concluído, ao contrário das normas que trazem abordagens prescritivas normas que ditam como devem ser construídos, cuja verificação é difícil. Os sistemas de pisos e vedações verticais que compõem o edifício habitacional devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender aos requisitos estabelecidos nas ABNT NBR 15575-3 e ABNT NBR 15575-4.

#### 4.6 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO POR SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NBR 15.575 – AMBIENTES DE PERMANÊNCIA PROLONGADA (APP) E AMBIENTES DE PERMANÊNCIA TRANSITÓRIA (APT)

Conforme determinado em norma, foram realizadas simulações para todas as Unidades Habitacionais, com a modelagem de todos os pavimentos diferentes da edificação: pavimento térreo, pavimento tipo e pavimento de cobertura, além de considerar a orientação solar conforme a implantação.

Foram utilizados os resultados do pavimento térreo e o pavimento em contato com a cobertura, por se tratarem das piores condições. Nos quadros abaixo, observa-se os resultados obtidos e os níveis de desempenho atingidos em cada unidade habitacional. Para a apresentação dos resultados foi utilizado os termos técnicos propostos anteriormente:

No quadro 01, apresenta os resultados encontrados no pavimento térreo para as quadras A, B, C, D e E:

Quadro 01: Resultados encontrados nas unidades habitacionais.

DIAGNÓSTICO DE DESMPENHO TÉRMICO DA UH						
1	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	62.5	61.6	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	30.9	32.4	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	12.3	12.2	x	SIM		NÃO
DIAGNÓSTICO DE DESMPENHO TÉRMICO DA UH						
2	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	62.4	61.4	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	31.0	32.8	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	12.2	12.2	x	SIM		NÃO
3	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	62.5	60.6	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	31.1	32.7	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	12.4	12.4	x	SIM		NÃO
4	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	62.8	61.0	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	30.9	32.5	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	12.5	12.5	x	SIM		NÃO

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

No quadro 02 apresenta os resultados encontrados no pavimento térreo para a quadra F:

Quadro 02: Resultados encontrados nas unidades habitacionais.

DIAGNÓSTICO DE DESMPENHO TÉRMICO DA UH						
1	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	61.2	60.0	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	30.9	32.4	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	12.3	12.2	x	SIM		NÃO
2	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	61.0	59.4	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	31.0	32.6	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	12.1	12.1	x	SIM		NÃO
3	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	64.0	63.1	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	30.8	32.2	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	12.4	12.4	x	SIM		NÃO
4	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	64.7	64.0	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	30.8	32.2	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	12.6	12.6	x	SIM		NÃO

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

No quadro 03, apresenta os resultados encontrados no último pavimento para as quadras A, B, C, D e E:

Quadro 03: Resultados encontrados nas unidades habitacionais.

DIAGNÓSTICO DE DESMPENHO TÉRMICO DA UH						
1	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	57.5	56.2	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	33.5	34.9	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	10.7	10.4	x	SIM		NÃO
2	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	57.6	56.2	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	33.6	35.1	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	10.7	10.4	x	SIM		NÃO
3	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	56.8	55.6	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	33.6	35.0	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	10.9	10.7	x	SIM		NÃO
4	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	56.3	54.8	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	33.5	34.9	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	10.8	10.5	x	SIM		NÃO

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

No quadro 4, apresenta os resultados encontrados no último pavimento para a quadra F:

Quadro 04: Resultados encontrados nas unidades habitacionais.

DIAGNÓSTICO DE DESEMPENHO TÉRMICO DA UH						
1	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	56.0	54.6	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	33.4	34.8	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	10.8	10.5	x	SIM		NÃO
2	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	55.8	54.2	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	33.5	35.0	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	10.6	10.3	x	SIM		NÃO
3	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	58.9	57.8	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	33.4	34.8	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	10.8	10.5	x	SIM		NÃO
4	Modelo Real	Modelo de Referência	Atende nível mínimo			
PHFT UH (%)	58.8	57.7	x	SIM		NÃO
Tomáx UH (°C)	33.5	34.9	x	SIM		NÃO
Tomín UH (°C)	10.9	10.6	x	SIM		NÃO

Fonte: Autores/ MMCLAB (2023)

Analisando-se as tabelas de diagnóstico do desempenho térmico, concluímos que o projeto arquitetônico do empreendimento Residencial Morada do Leste atende aos requisitos mínimos exigidos pela ABNT NBR 15.575-1, em todas as Unidades Habitacionais, em todos os pavimentos e orientações solares. É importante salientar que qualquer alteração em elementos construtivos, cores de acabamentos e localização da edificação, pode implicar em resultados diferentes e o consequente não atendimento aos requisitos estabelecidos pela norma ABNT NBR 15.575-1:2021.

É válido ressaltar que, as normas brasileiras, NBR 15220 (2003) e a NBR 15575 (2013), trazem indicadores físicos da envoltória que direcionam para um nível mínimo de conforto térmico seja alcançado pelas edificações. A NBR 15220 (2003) recomenda valores para a Transmitância ( $U - W/m^2.K$ ), Atraso térmico ( $\phi - \text{Horas}$ ) e Fator solar (FS - %), enquanto a NBR 15575 (2013) exige índices mínimos de Transmitância de  $U < 2,5 (W/m^2.K)$  e Capacidade térmica  $CT > 130 (kJ/m^2.k)$  conforme a zona bioclimática de Santa Maria. Enquanto a NBR 15220 (2003) tem caráter informativo a NBR 15575 (2013) tem postura de lei.

ABNT NBR 15575, busca avaliar o desempenho térmico da habitação, quando operada sem condicionamento do ar, enquanto também possibilita a análise da carga térmica, quando

condicionada artificialmente. O desempenho térmico das unidades habitacionais (UH) é caracterizado por meio da delimitação de três níveis de desempenho: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). É de caráter obrigatório o atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para o nível de desempenho mínimo. O atendimento aos níveis de desempenho intermediário e superior é facultativo. Segundo a própria NBR deve-se levar em conta o clima e o histórico de temperaturas do local. Por ter atendido ao valor mínimo, o residencial possui desempenho térmico.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A norma 15575/2013 no cenário nacional e suas implicações nos mais variados âmbitos, desde os aspectos mais técnicos e específicos até áreas administrativas, gerenciais e econômicas, representou uma significativa mudança de paradigma da engenharia civil brasileira. Assim, a partir da normalização, será necessário quebrar certos modelos de mentalidade e promover um novo padrão de construção nacional. Foi esse o motivo que, primordialmente, encadeou a realização deste trabalho.

Após a análise dos dados obtidos nos ensaios realizados no Residencial Morada do Leste, pode-se concluir que todos os dados obtidos estão de acordo com a norma ABNT NBR 15575 para desempenho térmico e acústico. Levando em consideração o local do residencial como Classe de Ruído II, a Medição de Isolamento a Ruído Aéreo Entre Sistemas de Vedações Verticais Externas – Parede De Concreto e Esquadria De Alumínio as amostragens apresentaram o mínimo exigido pela norma, 31Db; Medição de Isolamento a Ruído Aéreo em Sistemas de Vedações Verticais Internas – Parede De Concreto, apresentou 51dB, a Medição de Isolamento a Ruído Aéreo Em Sistemas de Vedações Verticais Internas – Paredes de Concreto e Portas de Entrada dos Apartamentos, 54 dB, Medição de Isolamento a Ruído de Impacto em Sistemas de Pisos – Laje, Contrapiso e Revestimento de Piso, 58 dB, Medição de Isolamento a Ruído Aéreo em Sistemas de Vedações Verticais Internas – Parede de Concreto, 50 dB, ou seja, apresentaram o nível superior de desempenho, não audível;

Levando em consideração que Santa Maria pertence a zona bioclimática 2, a mesma atende a todos aos requisitos apresentados na norma NBR 15575 para desempenho térmico, pois, a Avaliação de Desempenho Térmico por Simulação Computacional NBR 15.575 – Ambientes de Permanência Prolongada (App) e Ambientes de Permanência Transitória (Apt) apresentou os índices mínimos exigíveis pela norma.

Conclui-se que, todos os experimentos demonstraram estarem de acordo com a norma. O sistema construtivo com paredes de concreto mostrou um adequado desempenho, superior aos convencionais e em seus diferentes tipos consegue atingir os valores exigidos pela Norma de Desempenho.

## REFERÊNCIAS

AKUTSU, M.; LOPES, D. **Simulação do desempenho térmico de edificações**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Tecnologia de edificações. São Paulo, Pini, p. 473-76, 1988.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15 575: Edificações habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 16055: Paredes de concreto moldada no local para a construção de edificações**. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3: Desempenho Térmico de Edificações – parte 2: métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificação**. Rio de Janeiro, 2005.

CBIC: Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Desempenho de edificações habitacionais: **Guia orientativo para atendimento à norma de ABNT NBR 15 575/2013**. Brasília, 307p, 2013.

CAVALHEIRO, O. P. **ALVENARIA TÃO ANTIGA E TÃO ATUAL**. 2006.

COSTA S. U.; SOUZA, H. A.; NEVES, F. A. Avaliação comparativa do desempenho acústico de painéis de vedação pré-fabricados. In: ENCAC 2001, 6º, 2001, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro, SP: ANTAC, 2001.

FLORES, M. G. Geração da Base Climática de Santa Maria – RS – Para Análise de Desempenho Térmico e Eficiência Energética de Edificações. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Preservação Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM: Santa Maria/RS, 214 p.** 2014.

JANKOVITZ, J. A. A. **NOÇÕES DE ISOLAMENTO ACÚSTICO E ABSORÇÃO SONORA**. Disponível em: <<http://www.abelacustica.com.br/Acustica/IsoleAbsor.htm/>>. Acesso em: 24 nov. 2023.

LOBO, R. **PARA QUE DEVEM SER FORMADOS OS NOVOS ENGENHEIROS?** Jornal Estadão, 2012. Disponível em: <[chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.aeasc.net/wp-content/uploads/2015/08/AEASC\\_com-n12-2014.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.aeasc.net/wp-content/uploads/2015/08/AEASC_com-n12-2014.pdf)> Acessado em: 10 set. 2023.

PAREDE DE CONCRETO. **Comunidade da Construção. – Sistemas à base de cimento**. Disponível em:

<<http://www.comunidade-da-construcao.com.br/sistemas-construtivos/2/vantagens/viabilidade/20/vantagens.html>> Acesso em: 20 nov. 2023.

PIANCA, J. B. **MANUAL DO CONSTRUTOR**, v.2. Porto Alegre: Globo, 1978

PIÃO, A.; GODINHO, L.; TADEU, A. Comportamento Acústico de Paredes de Alvenaria na Presença de Pequenas Aberturas e Diferentes Inclusões. In: **TECNIACÚSTICA**, Coimbra, 2008. **Anais...** Coimbra: SPA, 2008.

PIRES, H. L.; IKEDA, C. Y. K.; AKUTSU, M. Ensaio acústico de campo para atendimento à NBR 15575. In: **AEC Academy**, 2022. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/academy/ipt-quiz/ensaios-acusticos-de-campo-para-atendimento-a-nbr-15575/23848>> Acessado em: 07 dez. 2023.

RESENDE, J. M. S.; FILHO, J. C. G. M.; NASCIMENTO, N. L. F. O desempenho acústico segundo a norma de desempenho ABNT NBR 15 575: isolamento sonoro contra ruído aéreo de vedações verticais internas medido em campo. **Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás como parte dos requisitos indispensáveis para a obtenção do título de Engenheiro Civil**. UFG: Goiânia, 126 p., 2014.

RODRIGUES, T.; VIEGAS, J.; FEITOSA, A. **Conforto Térmico como Indicador de Qualidade de Vida: Relação entre as Casas de Taipa e Alvenaria, na Comunidade Quilombola Jamarý Dos Pretos, Turiaçu-Ma**. 2010.

RORIZ, M. **DESEMPENHO TÉRMICO E AS PAREDES DE CONCRETO**. 2013. Disponível em: <<https://nucleoparededeconcreto.com.br/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>> Acessado em: 10 set. 2023

ROUGERON, C. **Aislamiento acústico y térmico em la construccion**. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1977.

SCHERER, C. T.; OLIVEIRA, M. F.; MEDEIROS, D. R.; TITUKIAN, B. F. Desempenho acústico de conjuntos de portas e paredes separadas pelo hall de entrada. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 165-181, jul./set. 2019.

SOUZA, L. C. L.; ALMEIDA, M. G.; BRAGANÇA, L. **Bê-abá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura**. São Carlos: Edufscar, 2003.

THOMAS, D.; DING, G. Comparing the Performance of Brick and Timber in Residential Buildings: the case of Australia. **Energy and Buildings**, v. 159, p. 136-147, 2018.

## ANEXO A – AUTORIZAÇÃO DO ENGENHEIRO RESPONSÁVEL DA OBRA



Ministério da Educação  
Universidade Federal de Santa Maria

### AUTORIZAÇÃO PARA LIBERAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS EM ENSAIO:

**Eu Daniel Machado La Rosa**, engenheiro responsável, **AUTORIZO** o Estudante João Pedro da Cruz Bueno da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, a disponibilizar em seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) os dados obtidos nos ensaios de desempenho acústico e térmico realizados no Residencial Morada do Leste, em Santa Maria-RS. Este trabalho intitulado “Análise de Desempenho Térmico e Acústico em Paredes de Concreto segundo a NBR 15575/2013” podendo também ser acessado mundialmente na Web, sem qualquer ônus para a UFSM.

Santa Maria, 09 de Janeiro de 2024



Documento assinado digitalmente

**DANIEL MACHADO LA ROSA**

Data: 09/01/2024 18:33:11-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Assinatura do responsável**

## ANEXO B – AUTORIZAÇÃO DO LABORATÓRIO



Ministério da Educação  
Universidade Federal de Santa Maria

### AUTORIZAÇÃO PARA LIBERAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS EM ENSAIO:

Eu, CLÁUDIO TRINDADE SCHERER responsável pela coleta e análise dos dados feitos pelo laboratório MMC LAB Controle Tecnológico Ltda. **AUTORIZO** o Estudante João Pedro da Cruz Bueno da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, a disponibilizar em seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) os dados obtidos nos ensaios de desempenho acústico e térmico realizados no Residencial Morada do Leste, em Santa Maria-RS. Este trabalho intitulado “Análise de Desempenho Térmico e Acústico em Paredes de Concreto segundo a NBR 15575/2013” podendo também ser acessado mundialmente na Web, sem qualquer ônus para a UFSM.

Santa Maria, 09 de JANEIRO de 2024.

Assinatura do responsável