

UNIVERSIDADE FUMEC
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - FEA

Marco Túlio Rodrigues Mendes

**ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA ACÚSTICA EM PAREDES DE
EDIFÍCIOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL EM SISTEMAS
CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS ATRAVÉS DE MODELAGEM
COMPUTACIONAL**

Prof. M.e Oswaldo Teixeira Baião Filho (Orientador)

Belo Horizonte

Março/2019

Marco Túlio Rodrigues Mendes

**ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA ACÚSTICA EM PAREDES DE
EDIFÍCIOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL EM SISTEMAS
CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS ATRAVÉS DE MODELAGEM
COMPUTACIONAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Processos Construtivos da Universidade FUMEC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Construtivos.

Orientador: Prof. M.e Oswaldo Teixeira Baião Filho

Belo Horizonte

Março/2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M538e Mendes, Marco Túlio Rodrigues, 1973-
Estudo comparativo da eficiência acústica em paredes de edifícios habitacionais de interesse social em sistemas construtivos industrializados através de modelagem computacional. / Marco Túlio Rodrigues Mendes. - Belo Horizonte, 2019.

184 f. ; il.: 29,7 cm

Orientador: Oswaldo Teixeira Baião Filho
Dissertação (Mestrado em Processos Construtivos),
Universidade FUMEC, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Belo Horizonte, 2019.

1. Acústica arquitetônica. 2. Habitações – Aspectos sociais. 3. Normas técnicas (Engenharia). I. Título. II. Baião Filho, Oswaldo Teixeira. III. Universidade FUMEC, Faculdade de Engenharia e Arquitetura.

CDU: 534.84

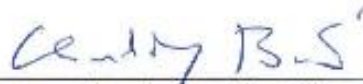
Marco Túlio Rodrigues Mendes

**ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA ACÚSTICA EM PAREDES
DE EDIFÍCIOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL EM SISTEMAS
CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS ATRAVÉS DE MODELAGEM
COMPUTACIONAL**

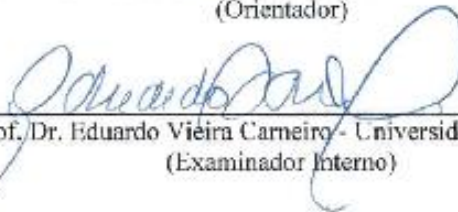
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Processos Construtivos da Universidade Fumec,
como requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Processos Construtivos.

Aprovado em: 28 de março de 2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Msc. Oswaldo Teixeira Baião Filho - Universidade FUMEC
(Orientador)



Prof. Dr. Eduardo Vieira Carneiro - Universidade FUMEC
(Examinador Interno)



Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva - UFMG
(Examinador Externo)

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pela minha vida e tudo que fez e faz nela, pela minha saúde, e pelo imenso privilégio de me colocar sempre com as pessoas certas e nos lugares certos, gratidão. Depois agradeço aos meus pais, José Ronaldo – você não sabe o quanto eu gostaria que você estivesse aqui meu grande amigo – e minha amada e guerreira mãe Nely, por me alimentarem durante toda a vida com valores e princípios que fizeram de mim o homem que me tornei, pelo apoio incondicional, por sempre acreditarem em mim e seguirem sempre ao meu lado. À minha esposa Laiselena, a grande mulher que mudou minha vida, muito mais que esposa, companheira e amiga, e que me deu filhos maravilhosos e ao meu lado constrói meu maior bem, a nossa família. Ao professor Oswaldo Baião, pelo apoio e suporte no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também aos colegas de mestrado em especial ao amigo Felipe, mestres, e demais profissionais que de alguma forma foram incentivadores durante o percurso e contribuíram significativamente com a realização desse trabalho, a todos minha eterna gratidão. À minha irmã Laetitia agradeço pela amizade e suporte, por ser sempre um porto seguro aos nossos pais.

“Há pensamentos que são orações. Há momentos nos quais, seja qual for a posição do corpo, a alma está de joelhos.”
(Victor Hugo)

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível.”
(São Francisco de Assis)

RESUMO

Na avaliação do desempenho de uma edificação, segurança, durabilidade e salubridade são aspectos considerados. O desempenho acústico é um tema contemporâneo devido ao aumento da poluição sonora que compromete principalmente os edifícios habitacionais. É justamente na fase de concepção do projeto que devem ser dimensionados e escolhidos corretamente os elementos construtivos dos sistemas de vedação vertical interna e externa, e de piso para se obter um eficiente desempenho acústico da edificação. Neste sentido, os programas que realizam simulação acústica são importantes ferramentas para o cálculo de modelos de previsão de desempenho. O presente trabalho tem como propósito avaliar o desempenho acústico dos sistemas de vedação vertical externa e interna em edificações habitacionais de interesse social, nos sistemas construtivos de Light Steel Framing, paredes de concreto moldadas in loco e paredes de concreto pré moldados através de um programa de simulação acústica (software), comparando seu resultados com os de desempenho previstos na norma ABNT NBR 15575:2013 - Edificações habitacionais - Desempenho. Para tanto, foram selecionados três projetos implantados na cidade de Belo Horizonte – MG que possibilitaram conhecer o mapa de ruído existentes em cada projeto. Constatou-se que os resultados obtidos nas simulações de acordo com a metodologia utilizada, indicaram que o desempenho acústico, do sistema construtivo em paredes de concreto moldadas in loco obteve resultados mais satisfatórios que os demais, em todas as condições estudadas, quando comparados com os critérios e parâmetros exigidos pela norma ABNT NBR 15575/2013.

Palavras-chave: Desempenho acústico, Habitações de interesse social, Sistemas construtivos, ABNT NBR15575.

ABSTRACT

In evaluating the performance of a building, safety, durability and integrity are aspects to be considered. Acoustic performance is a contemporary theme due to the increase in noise pollution that strongly affect residential buildings. It is during design stage of the project that the structural elements of the internal and external vertical and floor sealing systems must be correctly chosed dimensioned and to anchieve an efficient acoustic performance of the building. In this sense, softwares that perform acoustic simulation are important tools for calculating performance prediction models. The present work has the purpose of evaluating the acoustic performance of external and internal vertical sealing systems in social housing buildings using light steel framing construction systems, in situ molded concrete walls and precast concrete walls using a parameters acoustic simulation software. Checking the results with the of performance provided in the ABNT NBR 15575-2013 standard - Residential buildings - Performance. Three deployments were selected in the city of Belo Horizonte - MG, which allowed to know the noise map in them existing. It was observed that the results of the simulations showed that the acoustic performance, according to the methodology used, that the construction system with in situ molded concrete walls in loco anchieved more satisfactory results than the other, in all conditions studied, compared to criteria and parameters required by ABNT NBR 15575/2013.

Key words: Acoustic performance, Social housing, Construction systems, ABNT NBR15575.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1: Investimentos em habitações sociais.....	27
Figura 1: Esquema de construção portante em Light Steel Framing.....	30
Figura 2: Exemplo de utilização Light Steel Framing em conjuntos habitacionais	31
Figura 3: Sistema construtivo em paredes de concreto	33
Figura 4: Sistema construtivo em paredes de concreto	33
Figura 5: Escola em Brantford, Canadá	34
Figura 6: Sistema completo de paredes.....	35
Figura 7: Som e ruído.....	36
Figura 8: Frequências sonoras ouvidos pelo homem e alguns animais	37
Quadro 1: Velocidade de propagação do som em diversos meios	37
Quadro 2: Escala decibel, em dBA, com exemplos de níveis de ruídos	38
Figura 9: Forma de transmissão do ruído	38
Gráfico 2: Forma de transmissão do ruído	40
Quadro 3: Valores de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa	48
Quadro 4: Valores de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, entre ambientes.....	49
Fluxograma 1: Fluxograma com as etapas de estudo do trabalho.....	50
Fluxograma 2: Fluxograma com as etapas de estudo do trabalho.....	51
Figura 10: Planta original padrão MCMV	53
Figura 11: Planta padrão do sistema de Light Steel Framing.....	56
Figura 12: Planta padrão do sistema de paredes de concreto	57
Figura 13: Planta padrão do sistema de paredes de concreto pré-moldados	58
Figura 14: Planta padrão para paredes de fachada em todos os sistemas construtivos	59
Figura 15: Planta padrão para paredes internas em todos os sistemas construtivos.....	60
Figura 16: Composição das paredes externas do sistema de Light Steel Framing... ..	61
Figura 17: Composição das paredes externas do sistema de paredes de concreto ..	62
Figura 18: Composição das paredes externas do sistema de paredes de concreto pré-moldada	63

Quadro 5: Valores de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa	64
Quadro 6: Valores de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, entre ambientes.....	65
Quadro 7: Especificações da edificação conforme Caixa Econômica Federal.....	66
Quadro 8: Determinação das áreas de abertura	67
Figura 19: Unidade 101, objeto do estudo	68
Quadro 9: Determinação da área das paredes externas da UH de número 101.....	69
Quadro 10: Determinação da área das paredes internas da UH de número 101.....	70
Quadro 11: Planilha de empreendimentos faixa 1 MCMV.....	72
Figura 20: Identificação do Empreendimento 1 em mapa via satélite	73
Figura 21: Identificação do empreendimento 1 em site oficial da PBH	74
Figura 22: Identificação do zoneamento do empreendimento 1 de acordo com o Plano Diretor em vigor na PBH	75
Quadro 12: Níveis de Ruído permitidos de acordo com o uso do solo.....	76
Figura 23: Identificação do ruído de fundo para o empreendimento 1	76
Figura 24: Identificação do empreendimento 2 em mapa via satélite.....	76
Figura 25: Identificação do empreendimento 2 em site oficial da PBH	77
Figura 26: Identificação do ruído de fundo para o empreendimento 2	78
Figura 27: Identificação do zoneamento do empreendimento 2 de acordo com o Plano Diretor em vigor na PBH	78
Figura 28: Identificação do ruído de fundo para o empreendimento 3	79
Figura 29: Identificação do empreendimento 3 em mapa via satélite.....	79
Figura 30: Identificação do empreendimento 3 em site oficial da PBH	80
Figura 31: Identificação do zoneamento do empreendimento 3 de acordo com o Plano Diretor em vigor na PBH	81
Figura 32: Identificação do ruído de fundo para o empreendimento 3	81
Quadro 13: Determinação dos limites de ruído	82
Quadro 14: Valores de ruído de fundo para as nas regiões pesquisadas de acordo com a Lei municipal.....	83
Figura 33: Relatório de desempenho de simulações realizadas no Projetus	85
Figura 34: Relatório de desempenho de simulações realizadas no Projetus	85
Quadro 15: Resultados de desempenho acústico nos SVVE e SVVI	87

Figura 35: Esquema lógico que resultou no quadro completo que permitiu visualizar os resultados obtidos de nível de desempenho acústico por classe de ruído para SVVE ou elemento para SVVI para o resultado em (dB) para cada parede avaliada.

.....	88_Toc23979743
Quadro 16: Classificação dos desempenhos acústicos ($D_{2m,nT,w}$) na Situação 1: LSF	89
.....	89
Quadro 17: Classificação do desempenho acústico ($D_{nT,w}$) na Situação 1: LSF	89
.....	90
Quadro 18: Classificação do desempenho acústico ($D_{nT,w}$) na Situação 1: LSF	90
Quadro 19: Classificação dos desempenhos acústicos ($D_{2m,nT,w}$) na Situação 2: CONCIN	90
.....	91
Quadro 20: Classificação do desempenho acústico ($D_{nT,w}$) na Situação 2: CONCIN	91
.....	91
Quadro 21: Classificação do desempenho acústico ($D_{nT,w}$) na Situação 2: CONCIN	91
Quadro 22: Classificação dos desempenhos acústicos ($D_{2m,nT,w}$) na Situação 3: CONCPRE	92
.....	92
Quadro 23: Classificação do desempenho acústico ($D_{nT,w}$) na Situação 3: CONCPRE	92
.....	92
Quadro 24: Classificação do desempenho acústico ($D_{nT,w}$) na Situação 2: CONCPRE	93
.....	93
Gráfico 3: Resultados de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) desconsiderando as classes de ruído	95
.....	95
Gráfico 4: Resultados de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) desconsiderando as classes de ruído	96
.....	96
Gráfico 5: Resultados de nível de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) superior (S) comparado às classes de ruído no SVVE	97
.....	97
Gráfico 6: Resultados de nível de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) superior (S) comparado às classes de ruído no SVVE	98
.....	98
Gráfico 7: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) superior (S) comparado às classes de ruído no SVVI sem dormitório	99
.....	99
Gráfico 8: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) superior (S) comparado às classes de ruído no SVVI sem dormitório	99
.....	99
Gráfico 9: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) superior (S) comparado às classes de ruído no SVVI com ao menos um dormitório	100
.....	100
Gráfico 10: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) superior (S) comparado às classes de ruído no SVVI com ao menos um dormitório	101
.....	101

Gráfico 11: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVE	102
Gráfico 12: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVE	102
Gráfico 13: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVI sem dormitório	103
Gráfico 14: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVI sem dormitório	104
Gráfico 15: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVI com ao menos um dormitório	105
Gráfico 16: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVI com ao menos um dormitório	105
Gráfico 17: Resultados de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) mínimo (M) comparado às classes de ruído no SVVE	106
Gráfico 18: Resultados de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) mínimo (M) comparado às classes de ruído no SVVE	107
Gráfico 19: Resultados de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVI sem dormitório	108
Gráfico 20: Resultados de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVI sem dormitório	108
Gráfico 21: Resultados de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) mínimo (M) comparado às classes de ruído no SVVI com ao menos um dormitório	109
Gráfico 22: Resultados de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) mínimo (M) comparado às classes de ruído no SVVI com ao menos um dormitório	110
Figura 36: Perspectiva da edificação no sistema de Light Steel Framing	119
Figura 37: Corte AA no sistema de Light Steel Framing	119
Figura 38: Corte BB no sistema de Light Steel Framing	120
Figura 39: Fachada Oeste no sistema de Light Steel Framing	120
Figura 40: Fachada Norte no sistema de Light Steel Framing	121
Figura 41: Fachada Leste no sistema de Light Steel Framing	121
Figura 42: Fachada Sul no sistema de Light Steel Framing	122
Figura 43: Perspectiva no sistema de paredes de concreto	122
Figura 44: Corte AA no sistema de paredes de concreto	123
Figura 45: Corte BB no sistema de paredes de concreto	123

Figura 46: Fachada Oeste no sistema de paredes de concreto	124
Figura 47: Fachada Norte no sistema de paredes de concreto.....	124
Figura 48: Fachada Leste no sistema de paredes de concreto.....	125
Figura 49: Fachada Sul no sistema de paredes de concreto	125
Figura 50: Perspectiva no sistema de paredes de concreto pré-moldadas.....	126
Figura 51: Corte AA no sistema de paredes de concreto pré-moldadas	126
Figura 52: Corte BB no sistema de paredes de concreto pré-moldadas	127
Figura 53: Fachada Oeste no sistema de paredes de concreto pré-moldadas	127
Figura 54: Fachada Norte no sistema de paredes de concreto pré-moldadas.....	128
Figura 55: Fachada Leste no sistema de paredes de concreto pré-moldadas.....	128
Figura 56: Fachada Sul no sistema de paredes de concreto pré-moldadas	129
Figura 57: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	130
Figura 58: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	131
Figura 59: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	132
Figura 60: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	133
Figura 61: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	134
Figura 62: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	135
Figura 63: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	136
Figura 64: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	137
Figura 65: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	138
Figura 66: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	139
Figura 67: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	140
Figura 68: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	141
Figura 69: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	142
Figura 70: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	143
Figura 71: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	144
Figura 72: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	145
Figura 73: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	146
Figura 74: Relatório das paredes da Situação 1: LSF	147
Figura 75: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	148
Figura 76: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	149
Figura 77: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	150
Figura 78: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	151
Figura 79: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	152

Figura 80: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	153
Figura 81: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	154
Figura 82: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	155
Figura 83: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	156
Figura 84: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	157
Figura 85: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	158
Figura 86: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	159
Figura 87: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	160
Figura 88: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	161
Figura 89: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	162
Figura 90: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	163
Figura 91: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	164
Figura 92: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN	165
Figura 93: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	166
Figura 94: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	167
Figura 95: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	168
Figura 96: Relatório das paredes da Situação 1: CONCPRE.....	169
Figura 97: Relatório das paredes da Situação 1: CONCPRE.....	170
Figura 98: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	171
Figura 99: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	172
Figura 100: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	173
Figura 101: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	174
Figura 102: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	175
Figura 103: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	176
Figura 104: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	177
Figura 105: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	178
Figura 106: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	179
Figura 107: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	180
Figura 108: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	181
Figura 109: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	182
Figura 110: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE.....	183

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A	Área (m ²)
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
AQUA-HQE	Certificado Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale)
BNH	Banco Nacional da Habitação
CEF	Caixa Econômica Federal
CONCIN	Parede de Concreto Moldado in loco
CONCPRE	Parede de Concreto Pré Moldado
dB	Decibel
dB(A)	Decibel ponderado em A
D_n	Diferença Normalizada de Nível
D_{nw}	Diferença Normalizada de Nível Ponderada
D_{nT}	Diferença Padronizada de Nível
D_{nT,A}	Diferença de Nível de padrão
D_{nt,w}	Diferença Padronizada de Nível ponderada
D_{2m,nT}	Diferença Padronizada de Nível, a 2 metros
D_{2m,nT,w}	Diferença Padronizada de Nível ponderada, a 2 metros
CBCA	Centro Brasileiro da Construção em Aço
CEF	Caixa Econômica Federal
cm	Centímetros
EMPAC	Experimental Media and Performing Arts Center
EPS	Expanded Polystyrene
EUA	Estados Unidos da América
F	Frequência sonora
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FJP	Fundação João Pinheiro
G	Strenght (Força sonora)
g	Gramas
GBC	<i>Green Building Council Brasil</i>
GBC/ SB TOOL	<i>Green Building Challenge</i>
HIS	Habitação de Interesse Social

Hz	Hertz
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO	<i>Internacional Organization for Standardization</i>
LEED	<i>Leadership In Energy & Environmental Design</i>
LKS	<i>European Light Steel Construction Association</i>
LSF	<i>Light Steel Framing</i>
LWF	<i>Light Wood Framing</i>
L	Loudness (Audibilidade relativa)
Lp	Nível de pressão sonora
m	Metro
ms	Milisegundo
MCMV	Minha Casa Minha Vida
NBR	Norma Brasileira
NPS	Nível De Pressão Sonora
NRC	Coeficiente de Redução Sonora
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
OMA	Office for Metropolitan Architecture
OSB	Oriented Strand Board
TR	Tempo de Reverberação
S	Segundo
SFH	Sistema Financeiro Habitacional
WDCH	Walt Disney Concert Hall
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PET	Polietilenotereftalato
PLANA HAB	Plano Nacional de Habitação
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
PROACÚSTICA	Associação Brasileira para Qualidade Acústica
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PT	Perda de Transmissão
R	Índice de Redução Sonora
R'	Índice de Redução Sonora Aparente

Rw	Índice de Redução Sonora Ponderado
R'w	Índice de Redução Sonora Ponderado
SA	Norma de Responsabilidade Social
SFA	<i>Steel Framing Alliance</i>
SINA	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas
STC	Classe de Transmissão Sonora
SVVE	Sistema de Vedações Verticais Externas
SVVI	Sistema de Vedações Verticais Internas
SVVIE	Sistema de Vedações Verticais Internas e Externas
T	Tempo de Reverberação
To	Tempo de Reverberação de Referência
UH	Unidade Habitacional
ZAP	Zona de Adensamento Preferencial
ZAR	Zona de Adensamento Restrito
ZAR/AEIS-1	Zona de Adensamento Restrito em Área de Especial Interesse Social

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Estrutura da pesquisa	21
2	OBJETIVO	22
3	JUSTIFICATIVA.....	23
4	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	25
4.1	Processo de industrialização na construção civil	25
4.2	Consequencias na eficiência acústica decorrentes do processo de industrialização na construção civil	25
4.3	Construções habitacionais no Brasil	26
4.4	Processos construtivos industrializados.....	28
4.4.1	<i>Light Steel Framing</i>	28
4.4.2	<i>Paredes de concreto moldadas in loco</i>	32
4.4.3	<i>Paredes de concreto autoportante pré-moldadas</i>	34
4.5	Conceitos e definições de som, ruído e eficiência acústica.....	36
4.5.1	<i>Diferença entre dB e dB(A)</i>	39
4.5.2	<i>Diferença padronizada de nível poderada</i>	41
4.5.3	<i>Ineficiência acústica e suas consequências para a saúde humana</i>	42
4.6	Sustentabilidade e eficiência acústica	44
4.6.1	<i>Eficiência energética em habitações (acústica)</i>	45
4.7	Norma NBR15575 (2013) – Edifícios Habitacionais - Desempenho	45
4.7.1	<i>Métodos de medição de desempenho acústico</i>	47
5	MATERIAIS E MÉTODOS	50
5.1	Limitações da pesquisa	52
5.2	Escolha e identificação do Projeto	52
5.2.1	<i>Identificação do sistema construtivo em Light Steel Framing</i>	55
5.2.2	<i>Identificação do sistema construtivo em Paredes de concreto moldadas in loco</i>	57
5.2.3	<i>Identificação do sistema construtivo em Paredes de concreto autoportante pré-moldadas</i>	58
5.2.4	<i>Identificação das paredes externas</i>	59
5.2.5	<i>Identificação das paredes internas</i>	60

5.2.6	<i>Detalhamento das paredes externas do sistema de Light Steel Framing</i>	61
5.2.7	<i>Detalhamento das paredes externas do sistema de paredes de concreto moldadas in loco</i>	61
5.2.8	<i>Detalhamento das paredes externas do sistema de paredes de concreto pré-moldadas</i>	62
5.3	Especificações dos parâmetros necessários	63
5.3.1	<i>Parâmetros relacionados à diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$</i>	63
5.3.2	<i>Parâmetros relacionados à diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$</i>	64
5.3.3	<i>Determinação das características da edificação</i>	65
5.3.3.1	<u>Determinação das áreas de abertura</u>	66
5.3.3.2	<u>Determinação da área das paredes externas dos ambientes da unidade habitacional</u>	67
5.3.3.3	<u>Determinação da área das paredes internas dos ambientes da unidade habitacional</u>	69
5.4	Escolha e identificação das localizações.....	70
5.4.1	<i>Caracterização do mapa de ruído nas zonas selecionadas</i>	82
5.5	Apresentação do software Projetus	83
5.6	Simulações no software Projetus	84
6	RESULTADOS.....	86
6.1	Resultados de ($D_{2m,nT,w}$) e ($D_{nT,w}$) para os sistemas LSF, CONCIN e CONCPRE.....	86
6.2	Resultados de ($D_{2m,nT,w}$) e ($D_{nT,w}$) para as classes de ruído nos SVVE e SVVI para a Situação 1: LSF	88
6.3	Resultados de ($D_{2m,nT,w}$) e ($D_{nT,w}$) para as classes de ruído nos SVVE e SVVI para a Situação 2: CONCIN.....	90
6.4	Resultados de ($D_{2m,nT,w}$) e ($D_{nT,w}$) para as classes de ruído nos SVVE e SVVI para a Situação 3: CONCPRE	92
7	ANÁLISE DOS RESULTADOS	94
7.1	Análise dos desempenhos sem considerar as classes de ruído	95

7.2	Análise dos níveis de desempenhos acústicos superior (S) para cada componente dos sistemas construtivos em relação às classes de ruído	96
7.3	Análise dos níveis de desempenhos acústicos intermediário (I) para cada componente dos sistemas construtivos em relação às classes de ruído	101
7.4	Análise dos níveis de desempenhos acústicos mínimo (M) para cada componente dos sistemas construtivos em relação às classes de ruído	106
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
8.1	Sugestões para trabalhos futuros	111
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
	ANEXOS	119
	APÊNDICE A - RELATÓRIOS DAS SIMULAÇÕES PARA AS PAREDES DA SITUAÇÃO 1:LSF.....	130
	APÊNDICE B - RELATÓRIOS DAS SIMULAÇÕES PARA AS PAREDES DA SITUAÇÃO 2: CONCIN	148
	APÊNDICE C - RELATÓRIOS DAS SIMULAÇÕES PARA AS PAREDES DA SITUAÇÃO 3: CONCPRE.....	166

1 INTRODUÇÃO

As inovações tecnológicas na área da construção civil são inúmeras e diversificadas para a população mundial. A história da arquitetura e da engenharia civil registrou ao longo do tempo tais inovações que proporcionaram significativa melhoria em aspectos relacionados ao conforto e ao desempenho da habitação e mais recentemente ganhos importantes no desempenho energético. Todavia, não se tem a mesma percepção ao se analisar a eficiência acústica oferecida pelas edificações. Ocorre que em certo momento, as inovações e o avanço da tecnologia contribuíram significativamente para uma regressão na eficiência do isolamento acústico das edificações.

Gerretsen (2003) afirma que as características dos componentes de vedação das edificações vêm sofrendo alterações e como consequência proporcionando maior permeabilidade ao ruído, comprometendo o isolamento sonoro. Ainda segundo o autor, uma melhoria no desempenho acústico das edificações se faz necessário em razão dessa evolução e desenvolvimento dos métodos construtivos.

Arizmendi (1980) afirma que nas edificações houveram melhorias em vários aspectos nos últimos anos, em: calefação, condicionamento do ar, circulação, ventilação, iluminação e outros. Observam-se melhorias praticamente em todos aspectos com exceção à sonoridade acústica [tradução do autor].

Não é recente a preocupação com as condições e qualidade do conforto e da eficiência acústica. Em uma publicação do Ministério da Saúde de 1995 já se abordava o assunto relacionado ao isolamento sonoro para os edifícios. As consequências do desconforto acústico são observadas na saúde das populações urbanas. A urbanização acelerada principalmente em grandes centros aumentou o nível de ruído ambiental de forma exponencial concomitante com o momento em que as construções foram ficando mais permeáveis ao som, e assim a qualidade de vida no que se refere ao nível de ruído no interior das habitações principalmente nos grandes centros também se deterioraram. Relata Arizmendi (1980) que, estudos comparando países com diferentes níveis de industrialização, obteve-se como resultado que a capacidade auditiva de um habitante da África Central de 80 anos é igual a de um habitante de Nova Iorque de apenas 18 anos.

(Bruno, foi sugestão do Baião retirar ou colocar anexo, não sei como seria esse anexo, você sabe?)

O trabalho desenvolvido objetiva expor os resultados de simulações de eficiência acústica aérea em paredes de fechamento e internas construídas em diferentes materiais através de um software e confrontar os resultados com a NBR 15.575 e assim proporcionar a arquitetos e engenheiros uma opção adequada para especificação de paredes com eficiências acústicas no momento da concepção do projeto, paredes que atenderão às determinações da norma de desempenho específica.

1.1 Estrutura da pesquisa

Após a introdução e justificativa, no capítulo 3 são abordados assuntos que garantem o embasamento do trabalho, permitindo se ter um entendimento pleno do assunto foco da pesquisa, que nesse caso é a verificação dos níveis de desempenho acústico em três métodos construtivos industrializados diferentes, em relação aos ruídos aéreos medidos em habitação de padrão do projeto Minha Casa Minha Vida situada na cidade de Belo Horizonte utilizando-se um software para cálculo acústico.

No capítulo 4 são apresentados os métodos, correções, e materiais envolvidos nas medições e avaliações que foram realizadas a fim de se atingir os objetivos desta pesquisa. Também estão apresentados e justificados os locais de implantação das unidades habitacionais, imagens, mapas e os valores de ruído de fundo existentes nos endereços dessas implantações configurando o mapa de ruído ambiental.

Nos capítulos 5 e 6 são apresentadas as funcionalidades e descritos os procedimentos efetuados, as características dos ambientes medidos, apresentadas imagens ilustrativas para situar pontos medidos, as tabelas e gráficos gerados a partir dos valores obtidos, a análise das medições realizadas e a avaliação dos resultados.

No capítulo 7 são apresentadas as considerações realizadas a fim de se contextualizar o conteúdo da pesquisa, interpretação dos resultados e algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo medir, analisar e comparar a eficiência do isolamento acústico de ruídos aéreos de fachada e internos nos sistemas construtivos Light Steel Framing, concreto moldado in loco, e concreto pré moldado através de cálculos em software, o Projetus, e verificar os resultados obtidos comparando-os aos níveis de desempenho exigidos pela NBR 15.575 (ABNT, 2013), em um modelo de edificação residencial de interesse social conforme padrão Minha Casa Minha Vida.

3 JUSTIFICATIVA

Na área da construção civil a eficiência acústica de uma habitação talvez seja o aspecto mais ignorado na concepção de um projeto arquitetônico. Sua importância só existirá de fato quando o “barulho” começar a incomodar, e neste momento as alternativas para se alcançar uma eficiência acústica aceitável tornam-se soluções pós-obra, que além de possuir custos mais elevados, terão resultados na maior parte das vezes menos eficientes uma vez que foram realizados fora da concepção inicial do projeto.

Segundo Nepomuceno (1968), é de 0,5% a 2% do custo total, o custo do tratamento acústico em planta, ainda na fase de projeto, não obstante para se obter resultados iguais ou inferiores nos casos onde não houve tratamento prévio à execução do projeto, a correção ou tratamento acústico após à construção de uma habitação não será inferior a 10% do custo total.

A análise do conforto e da eficiência acústica em edifícios é tema atual e relevante para o desenvolvimento sustentável da construção civil brasileira e mundial. Eficiência energética e sustentabilidade são diretrizes nos critérios para certificações como LEED, AQUA-HQE, Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal, Selo Procel Edifica, em que conforto e eficiência acústica também são critérios para tais certificações.

De acordo com Báring (1988) a ONU (Organização das Nações Unidas) prognosticou que no final do século XX, o ruído seria uma das quatro maiores ameaças ao ambiente urbano nos países em desenvolvimento, e confirmando esse prognóstico a OMS (Organização Mundial da Saúde), agência subordinada à ONU e cuja criação partiu de uma proposta de delegados do Brasil que propuseram o estabelecimento de um "organismo internacional de saúde pública de alcance mundial", divulgou em 2010 um guia com diretrizes para controle de ruído ambiental na Europa. A OMS considera atualmente a poluição sonora o segundo maior agente poluidor nocivo à saúde humana, atrás apenas da poluição atmosférica.

O ruído excessivo prejudica seriamente a saúde humana e interfere nas atividades diárias das pessoas na escola, no trabalho, em casa e durante o lazer. Pode perturbar o sono, causar efeitos cardiovasculares e psicofisiológicos, reduzir o desempenho e provocar respostas de aborrecimento e alterações no comportamento social (OMS, 2019) [tradução do autor].

Uma avaliação da eficiência acústica em paredes de diferentes sistemas construtivos por meio de simulação computacional é importante para verificar os sistemas construtivos que trazem menores prejuízos ou que são mais adequados ao desempenho de isolamento acústico, auxiliando engenheiros e arquitetos na escolha do melhor sistema construtivo na fase de concepção do projeto, e na especificação de materiais mais eficientes.

Fonyat (2013) considera que, novas possibilidades de relacionamento entre tecnologia, projetistas e usuários se dão a partir das alternativas de interação entre computadores e máquinas de produção industrial. Para tanto se faz necessário que os arquitetos interajam com a indústria utilizando a oferta de produtos já consolidados como também, participar da concepção desses produtos, soluções e sistemas, tendo em vista que esses sistemas impõem o emprego dos conceitos de compatibilização e construtibilidade, diretrizes fundamentais para desenvolver o projeto de forma integrada.

Os resultados de uma abordagem míope estão presentes nas construções, dentre às quais é possível destacar o ruído e o seu poder de interferir no meio ambiente, na saúde, e na qualidade de vida da população (AZKORRA, 2014; SURIANO; SOUZA; SILVA, 2015).

4 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

4.1 Processo de industrialização na construção civil

A industrialização na construção permitiu a realização de produção de edificações de maneira mais rápida e com melhores índices de qualidade. A partir da segunda metade do século XVIII, a revolução industrial iniciada na Europa, proporcionou muitas e relevantes evoluções na construção civil. Pesquisas buscando novos materiais e tecnologias juntamente com os conceitos de otimização e racionalização impulsionaram a industrialização da área em todo o mundo.

Oliveira (2012) destaca que no período pós Segunda Guerra Mundial houveram oportunidades de aplicação para os conceitos de industrialização na construção civil. A racionalização dos recursos construtivos existentes, a escassez de mão de obra especializada juntamente com um déficit habitacional e grande limite de recursos financeiros, foram fatores de propulsão para a industrialização. Desse ponto em diante novas edificações foram construídas oferecendo qualidade superior às de outrora, isso em decorrência de modificações implementadas dentro dos canteiros de obras bem como de uma nova postura dos profissionais da área que se dispuseram a trabalhar com novos sistemas.

Diante da grande demanda por habitações, do crescimento da construção civil e da busca por menor impacto ambiental, os sistemas construtivos industrializados seriam uma opção lógica na escolha dos profissionais e clientes para suas edificações (OLIVEIRA, 2012).

4.2 Consequencias na eficiência acústica decorrentes do processo de industrialização na construção civil

Weissenburger (2004) afirma que o final de Segunda Grande Guerra foi fator determinante para o declínio do isolamento acústico nas construções, no processo de reconstituição rápida das cidades europeias, quando ocorreram modificações na estrutura das construções conferindo às paredes conformações cada vez mais leves e delgadas, interferindo definitivamente no desempenho acústico da residência.

De acordo com Duarte (2005) o período compreendido entre 1940 a 1960 foi de intensa industrialização e urbanização do Brasil. Um marco arquitetônico e da

engenharia desse período foi a construção de Brasília. Já o período pós-guerra é caracterizado pela imposição do *american-way-of-life*, com a supervalorização de novas tecnologias e o abandono definitivo dos hábitos tradicionais franceses. Os edifícios de apartamentos se consagraram como principal modelo da habitação, desde a classe alta às mais populares. Ainda segundo Duarte (2005), as consequências de mudanças tão grandes nem sempre foram benéficas. Como consequência a poluição é um dos piores “efeitos colaterais”. Em um grande centro urbano existe poluição em todos os lugares: na água, nos alimentos, no ar, no que se vê e no que se ouve. No entanto, a poluição sonora, conforme demonstra Fiorini (2002), está longe de ser uma das maiores preocupações da população.

Duas questões principais identificam os problemas abordados pelas diretrizes.

- Na população geral exposta ao ruído ambiental, qual é a relação exposição-resposta entre a exposição ao ruído ambiental (relatada como vários indicadores) e a proporção de pessoas com uma medida validada de prejuízo na saúde, quando ajustada para fatores de confusão?
- Na população geral exposta ao ruído ambiental, as intervenções são efetivas na redução da exposição e / ou dos resultados de saúde do ruído ambiental?

À luz destas questões, as diretrizes são apresentadas para definir os níveis de exposição recomendados para o ruído ambiental, a fim de proteger a saúde da população (OMS, ENVIRONMENTAL NOISE GUIDELINES for the European Region, 2018) [tradução do autor].

Completados talvez seis anos de vigência da NBR 15575, norma de desempenho que contempla capítulos sobre acústica, não se observa ainda uma demanda consolidada por produtos imobiliários protegidos da poluição sonora urbana, tampouco faz o poder público significativos movimentos para mudar esse panorama do ruído urbano, todavia daqui cinco ou dez anos, qual será o valor de um imóvel residencial favorecido pelo privilégio da eficiência acústica?

Sete estudos de intervenção do meio - Amundsen et al. (2011; 2013), Bendtsen et al. (2011), Gidloef Gunnarsson et al. (2010), Kastka et al. (1995), Nilsson & Berglund (2006), Vincent & Champelovier (1993) - exploraram os efeitos sobre o incômodo por intervenções relacionadas com o isolamento da habitação, barreira de construções e uma combinação de ambos, bem como uma intervenção de construção em escala real (OMS, ENVIRONMENTAL NOISE GUIDELINES for the European Region, 2018)[tradução do autor].

4.3 Construções habitacionais no Brasil

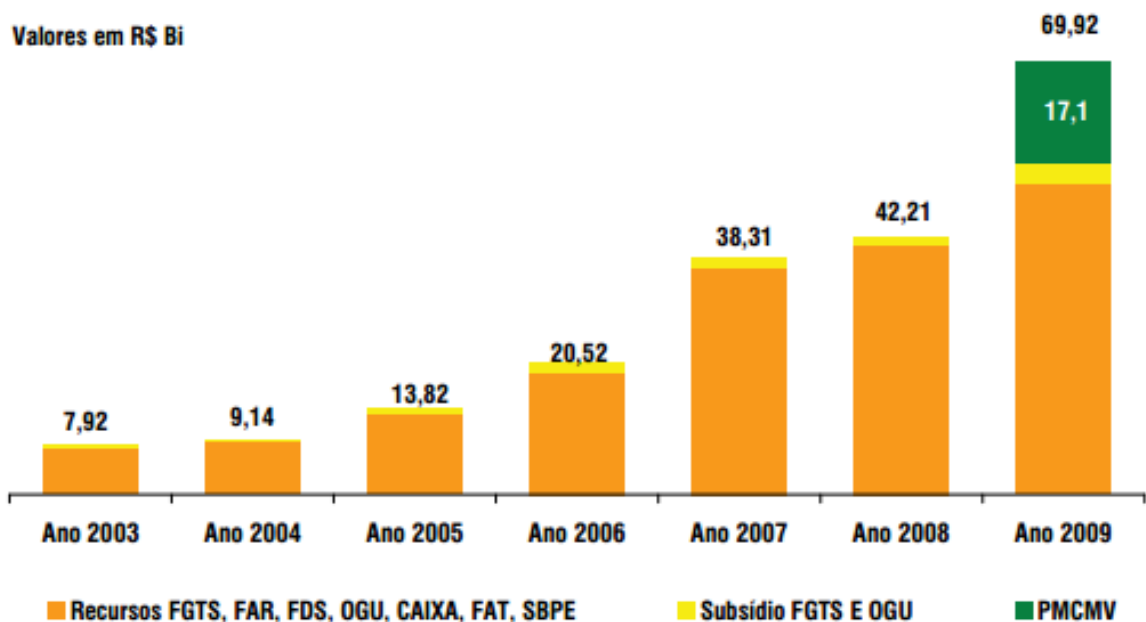
Foi no governo Vargas (1930-1945) o momento em que o Estado assumiu a questão do déficit habitacional intervindo através de políticas públicas e criação de instituições para gerir o sistema financeiro que subsidiaria programas estatais para produção de habitações populares de acordo com Bonduki (1994). No percurso da

política habitacional brasileira vários órgãos foram criados, o Sistema Financeiro Habitacional – SFH e o Banco Nacional da Habitação – BNH concomitante com a criação do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço – FGTS e as cadernetas de poupança, responsáveis por gerar créditos para os financiamentos dos programas. Um marco na compreensão do déficit habitacional brasileiro são os relatórios anuais de déficit habitacional publicados pela Fundação João Pinheiro (FJP) a partir do ano 2000, já que através destes relatórios foi possível dimensionar com maior precisão o déficit habitacional no país (RODRIGUES, 2013).

Segundo o relatório da Fundação João Pinheiro (FJP), o déficit habitacional estimado no Brasil corresponde a 6,355 milhões de domicílios, dos quais 5,572 milhões, ou 87,7%, estão localizados nas áreas urbanas e 783 mil unidades encontram-se na área rural (FJP, 2018).

Segundo Rodrigues (2013) o Programa Nacional de Habitação (PLANHAB) previa a construção de 35 milhões de habitações até 2023. Em 2009 o Governo Federal cria o Programa Minha Casa Minha Vida que recebeu grandes investimentos subsidiado pela Caixa Econômica Federal (Gráfico 1), visando a redução do déficit habitacional e o desenvolvimento do país, esse programa foi um dos pilares do governo naquela época.

Gráfico 1: Investimentos em habitações sociais



Fonte: Rodrigues (2013)

De acordo com Campos (2014), há ainda um problema quanto a qualidade de vida dos moradores que é diretamente influenciada pela inadequação das moradias em função da replicação de projetos para atender ao déficit habitacional no Brasil, que não deve ser analisada apenas pela questão numérica, faz-se necessário também especial atenção à qualidade dessas edificações.

Campos (2014) observa que as construtoras na maior parte das vezes levarão em consideração apenas a redução de custos na construção de unidades habitacionais, mesmo que alguns outros fatores também estejam envolvidos nas análises da qualidade de empreendimentos. A funcionalidade e qualidade das edificações podem ser comprometidas pela má e descriteriosa escolha de projetos.

4.4 Processos construtivos industrializados

Suprir o déficit habitacional brasileiro torna-se cada vez mais importante, e como alternativa surgem novos sistemas construtivos com foco principalmente em racionalização e industrialização da construção. Recebendo investimentos como PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) e PMCMV (Programa Minha Casa, Minha Vida) a indústria da construção civil através de incorporadoras e construtoras busca industrialização e modernização dos meios de produção (SILVA, 2013).

Sendo assim, sistemas industrializados podem garantir o melhor funcionamento e operação das construções de Habitação de Interesse Social (HIS), uma vez que tais sistemas suprem a demanda da construção em massa, já que possuem concepção e fabricação voltadas à execução em série (SERRA, 2014).

4.4.1 *Light Steel Framing*

O sistema Light Steel Framing (LSF) é uma evolução do sistema Light Wood Framing (LWF) que viabilizou a diminuição do uso da madeira nas edificações, minimizando assim o risco de incêndios. (SANTIAGO; FREITAS; CASTRO, 2012).

Muito utilizado nos Estados Unidos e Canadá em função do crescimento acelerado das cidades na primeira metade do século XIX, o sistema LWF, é um sistema construtivo autoportante em madeira. Esse sistema construtivo com montantes em madeira e fechamento em placas delgadas também em madeira conferiam a rapidez desejada para o cenário daquela época, todavia a construção em madeira é caracterizada por sua fácil combustão. Um incêndio consumiu boa parte de

Chicago em 1871 e em 1906 em São Francisco outro incêndio causado por sismo deixou mais de 250 mil desabrigados.

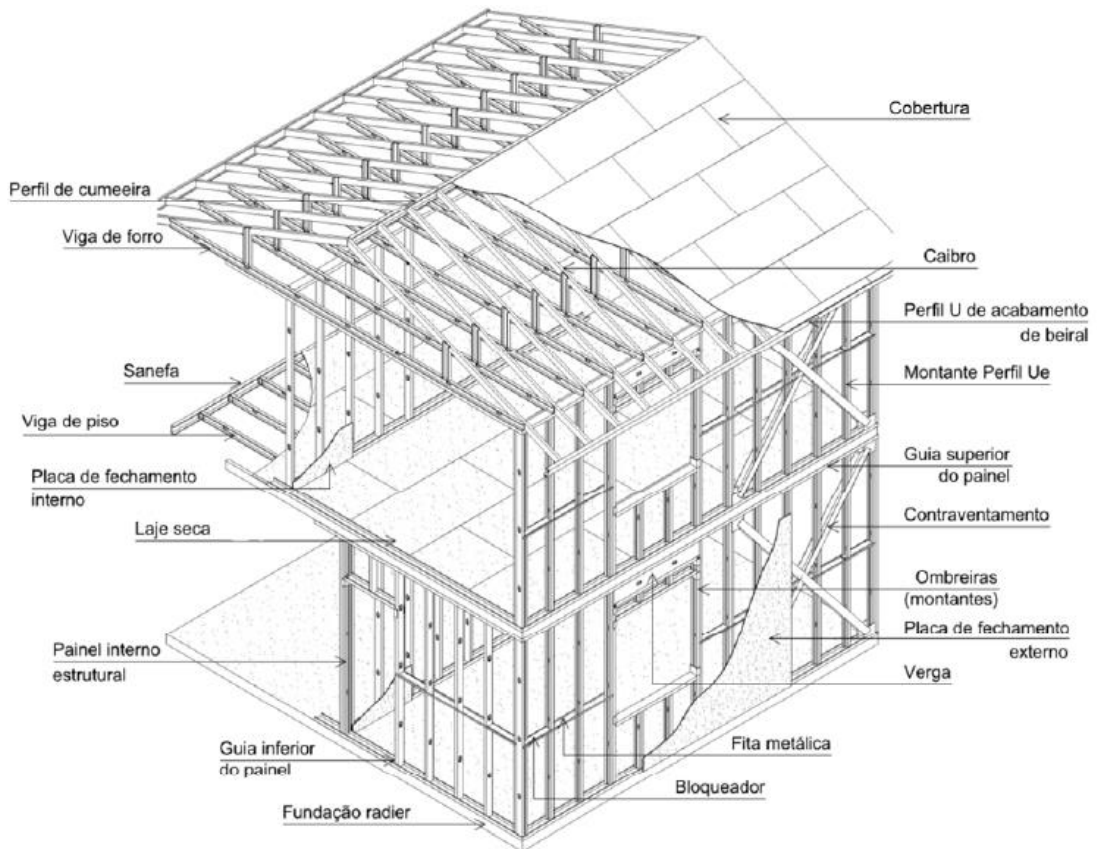
Processo pelo qual compõe-se um esqueleto estrutural em aço formado por diversos elementos individuais ligados entre si, passando estes a funcionar em conjunto para resistir às cargas que solicitam a edificação e dando forma à mesma. (SANTIAGO; FREITAS; CASTRO, 2012, p.12).

A versatilidade do aço o caracteriza como um dos materiais mais utilizados em construções em todo mundo. Maior flexibilidade na concepção arquitetônica e facilidades de manuseio conferem agilidade na construção. Tem como vantagem ser um material reciclável, mas não provêm de fonte renovável, e nos dois casos demanda alto consumo de energia em sua produção (Rego, 2012).

Em agosto de 2008 entrou em vigor no Brasil a norma NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Segundo Fakury et al. (2012) houve muito cuidado à adaptação para a realidade brasileira, onde situações comuns no Brasil que não possuem paralelos em outras países, foram tratadas com consciência conferindo simplicidade nos procedimentos para situações complexas, objetivando tornar o cálculo estrutural acessível a uma fatia mais expressiva de profissionais. Conferiu segurança a tecnologia das construções de habitações estruturadas em aço. Assim foram estabelecidos parâmetros para projeto e técnicas de cálculos para estruturas de aço e para estruturas mistas de concreto e aço.

Segundo Campos (2014), o sistema Light Steel Framing vai além da estrutura apenas, pois o sistema contempla também componentes e subsistemas, que farão a composição dos sistemas de isolamentos, dos fechamentos externo e interno, instalações e fundações (FIGURA 1).

Figura 1: Esquema de construção portante em Light Steel Framing



Fonte: SANTIAGO; FREITAS e CASTRO (2012)

De acordo com Santiago (2008) foi responsabilidade dos setores envolvidos na produção dos insumos para LSF a divulgação bem como desenvolvimento técnico do sistema. Inicialmente a Caixa Econômica Federal (CEF) aprovou um manual com requisitos mínimos de desempenho para as construções no sistema LSF, entretanto existem atualmente normas brasileiras especificando requisitos gerais para perfis de aço galvanizado formados a frio e para o dimensionamento de estruturas utilizando esses perfis. A NBR 15253:2014 – Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais – estabelece os requisitos gerais e os métodos de ensaio do LSF. Também constitui fonte de pesquisa sobre o tema, a série de manuais técnicos sobre construção em aço publicados pelo CBCA (JARDIM e CAMPOS, 2005).

O sistema LSF acelerou o crescimento do uso das estruturas de aço em relação a outros materiais de construção, como o concreto, sendo atualmente utilizado em construções de habitacionais unifamiliares de pequeno e médio porte com até dois pavimentos, hospitais, escolas, edifícios comerciais de salas e edifícios habitacionais

de até quatro pavimentos, e também para retrofit de edificações existentes (SANTIAGO, 2008) como mostra (Figura 2).

Figura 2: Exemplo de utilização Light Steel Framing em conjuntos habitacionais



Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

Também denominado por Sistema Autoportante em Aço de Construção a Seco, Santiago (2008) descreve a composição do sistema em paredes, pisos e cobertura que, combinadas formando um conjunto e garantem a integridade estrutural das edificações. As paredes são moduladas em 40cm ou 60cm compostas de perfis galvanizados e de painéis de vedação em placa cimentícia e OSB (*Oriented Strand Board*, em português Painel de Tiras de Madeira Orientadas) para fechamento externo e gesso acartonado para fechamento interno. As placas OSB além de serem utilizadas como vedações no fechamento também apresentam função estrutural, e são produzidas com filamentos de madeira. De acordo com Santiago (2008), nos conceitos tradicionais de isolamento, a massa da parede é o fator determinante de seu desempenho. Os isolamentos térmico e acústico nas construções em LSF baseiam-se no conceito multicamada, que combina placas leves de fechamento, preenchendo o espaço entre elas com material isolante. A fim de aumentar o desempenho térmico e acústico do sistema, é possível variar as combinações colocando mais camadas de placas ou aumentando a espessura do material intermediário (isolante).

Os materiais intermediários mais comuns nesse tipo de aplicação e que possibilitam melhor desempenho termoacústico, são a lã de vidro, a lã de rocha e a lã de PET. A lã de rocha, ou lã mineral, é uma fibra obtida de rochas basálticas e outros minerais, apresenta características similares às da lã de vidro, porém com menores riscos ao manuseio (REGO, 2012).

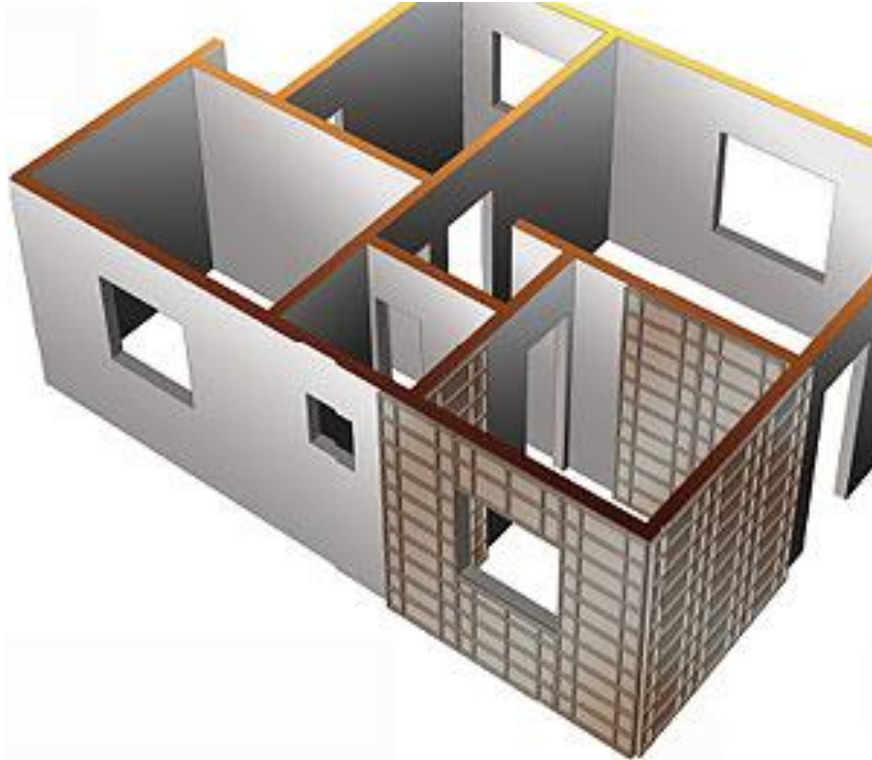
4.4.2 ***Paredes de concreto moldadas in loco***

É frequentemente utilizado no Brasil em habitações de interesse social de até quatro pavimentos, o sistema construtivo em paredes de concreto moldado in loco, com a implantação em forma de “H” em razão da rapidez na execução aliado ao baixo custo se comparado com outros métodos construtivos, uma vez que as vedações são executadas em um processo único de concretagem in loco (OLIVEIRA, 2015).

Os critérios e parâmetros para a construção de paredes de concreto moldado in loco estão estabelecidos na NBR 16.055:2012 – Parede de Concreto Moldada no local para a construção de edificações: Requisitos e procedimentos – da ABNT. Nesse sistema construtivo, todas as paredes são construídas em concreto armado e fazem a composição estrutural da edificação (FIGURA 3). Em uma única etapa de concretagem são moldadas todas as paredes de cada ciclo construtivo, sendo assim, permitindo que após a desforma as paredes já contenham todos os vãos de abertura instalados. É característica desse método construtivo a execução em concreto armado de todos os elementos estruturais utilizando-se fôrmas que podem ser de diferentes materiais, madeira, metal ou plástico que através de conectores devem estar ligadas umas às outras (FIGURA 4). O material de cada fôrma traz consigo características próprias que determinarão as suas utilizações. As fôrmas de plástico dentre as três opções são as mais leves, todavia, são mais suscetíveis a deformação, fôrmas de metal são mais duráveis e também mais pesadas que as de madeira (CARVALHO, 2012).

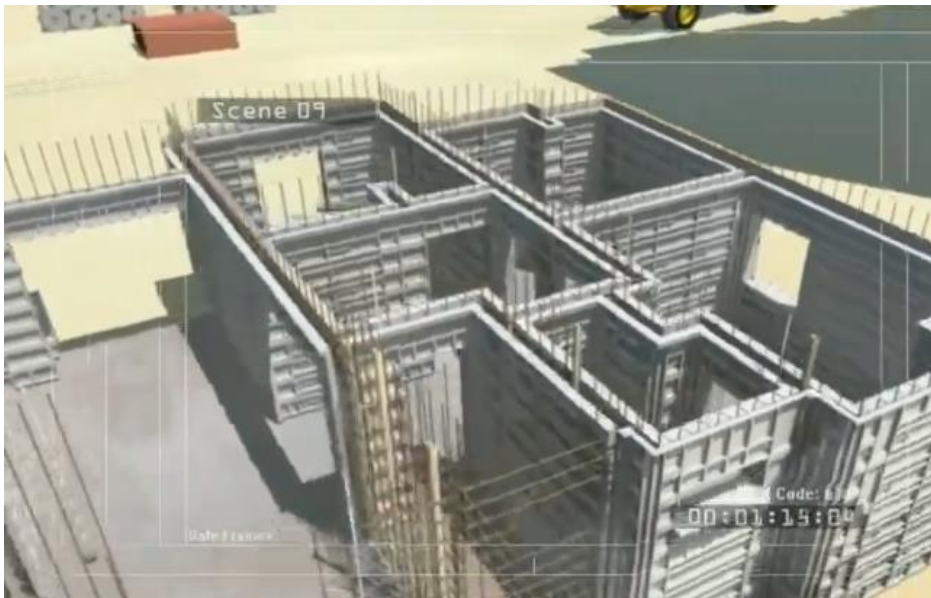
As vantagens proporcionadas pela construção utilizando paredes de concreto moldadas in loco permitem suprir com velocidade e em larga escala, a necessidade de reposição de moradias. Estudos apontam um grande déficit habitacional no Brasil, mas não levam em consideração o número de habitações precárias e improvisadas, a coabitação familiar e o ônus excessivo com aluguel (OLIVEIRA, 2015).

Figura 3: Sistema construtivo em paredes de concreto



Fonte: MATCON (2017)

Figura 4: Sistema construtivo em paredes de concreto



Fonte: MATCON (2017)

4.4.3 *Paredes de concreto autoportante pré-moldadas*

A utilização de painéis pré-moldados de concreto na construção civil é uma opção cada vez mais comum desde sua chegada ao Brasil no início dos anos 70. A NBR 16475: 2017 - Painéis de parede de concreto pré-moldado - Requisitos e procedimentos - apresenta os parâmetros estabelecidos para a construção. Na concepção de um projeto é diretriz a fabricação de elementos sob medida. Dessa forma, torna-se possível conhecer previamente variáveis importantes e decisórias, como tempo de execução da obra, custo e qualidade final. Largamente utilizado em construções comerciais e residenciais em países de primeiro mundo, como Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão e também na Europa, é possível observar a aplicação desse sistema de paredes estruturais com painéis pré-moldados em concreto nas construções de casas e apartamentos habitacionais, além de construções de hospitais, apartamentos funcionais, conjunto de salas, hotéis, caixas de elevadores, etc (FIGURA 5). Os painéis pré-moldados minimizam o desperdício na obra. Em construções industrializadas e possibilitam um aumento na produtividade com significativo ganho de tempo, além de oferecer superfície adequada para recebimento direto da pintura.

Figura 5: Escola em Brantford, Canadá



Fonte: (CPCI, 2005)

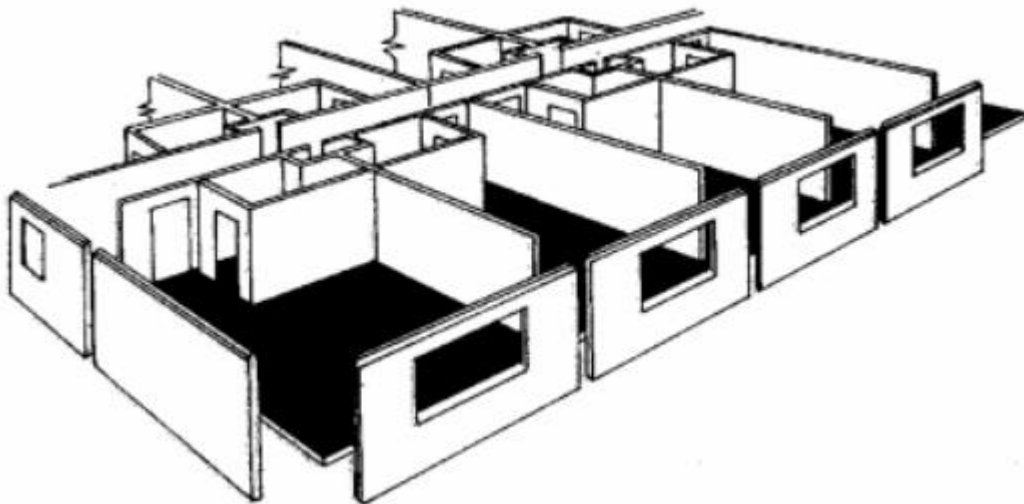
As condições de fabricação dos painéis e demais elementos são controladas para garantir alta qualidade ao produto final, uniformizando fôrmas, cores e texturas

desejadas. Painéis pré-moldados de concreto são resistentes à corrosão e ao tempo, o que confere baixíssima ou nenhuma manutenção. O sistema também pode receber materiais que melhorem seu desempenho termo acústico (FREEDMAN, 1999).

Esses painéis quando projetados e executados de forma correta, apresentam propriedades térmicas e acústicas bem superiores e sua aplicação torna-se apropriada para projetos que preveem paredes corta fogo, onde observa-se razoável resistência ao fogo de até 6 horas (ACKER, 2002). Os painéis de concreto pré-moldados vão apresentar dimensões variadas em função dos critérios utilizados por cada fabricante e as particularidades de cada projeto e ainda podem depender de requisitos pré-estabelecidos para a finalidade da sua utilização, tais como isolamento acústico, resistência ao fogo como dito anteriormente, e estabilidade estrutural.

A (FIGURA 6) apresenta o sistema completo de paredes, onde todas as paredes da edificação são executadas em painéis pré-moldados de concreto, e podem ter função estrutural ou não, como no caso em estudo, apenas paredes de fechamento.

Figura 6: Sistema completo de paredes

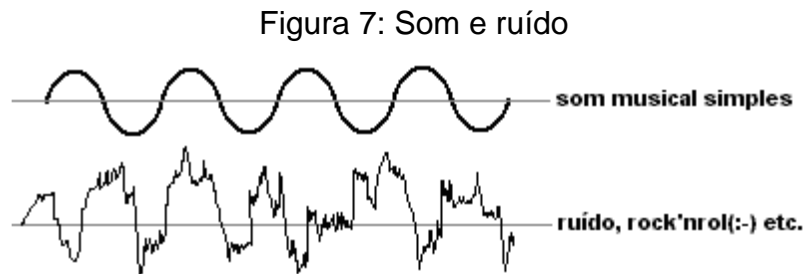


Fonte: (adaptado de ACKER, 2002)

4.5 Conceitos e definições de som, ruído e eficiência acústica

Existe uma diferença conceitual entre som e ruído. Som é uma sensação produzida no sistema auditivo associado a sensações positivas. Ruído está associado

a sons sem harmonia, em geral sons que geram sensações negativas ao ser humano (Bistafa, 2011). Ou seja, distinguimos som pela agradabilidade, ruído pelo desconforto. As ondas sonoras representativas de som e ruído podem ser observadas na figura 7.



Fonte: Feira de Ciências

Por definição, som é a sensação auditiva produzida por uma variação da pressão atmosférica a partir de vibração mecânica, de acordo com Greven (2006), “o som é uma sensação auditiva ocasionada pela vibração de partículas de ar transmitida ao aparelho auditivo humano. É uma transmissão aérea”. Portanto, para que haja propagação de som é necessário que haja um meio, um canal de transmissão. O ar é o mais comum dos meios de propagação, ou seja, não existe som no vácuo. Outros meios também podem propagar o som, meios líquidos e meios sólidos, como exemplo estruturas dos edifícios, cânions, a água, e a própria terra, são alguns.

Um estímulo mecânico qualquer se faz necessário para que uma superfície saia do estado de repouso e vibre, produzindo assim o som. A essa superfície que vibrou chama-se fonte sonora.

A propagação do som é a variação periódica em forma de ondas. Algumas propriedades que caracterizam um som, seu nível e frequência são (GREVEN, FAGUNDES e EINSFELDT, 2006):

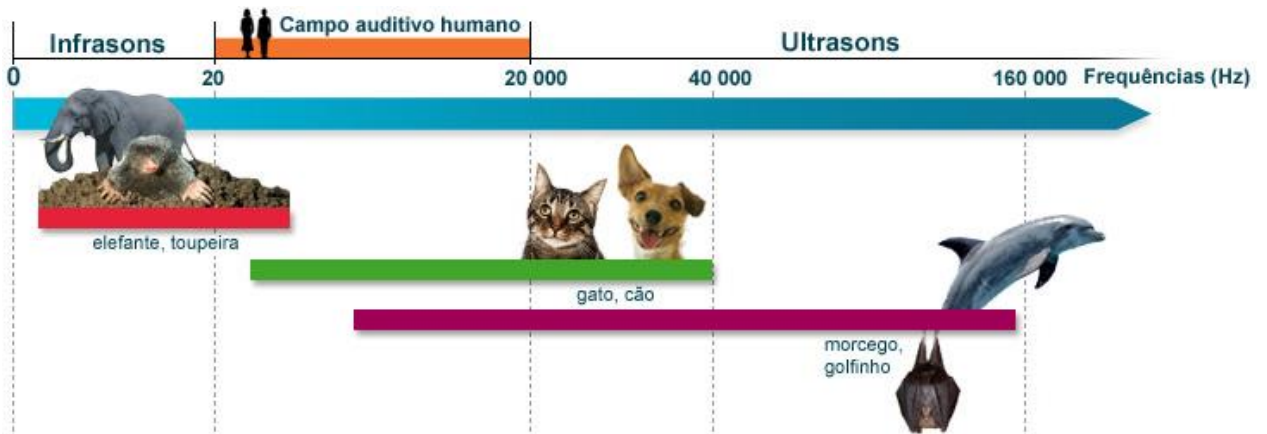
a) Frequência (F): é a frequência que permite diferenciar um som grave (baixas frequências) de um som agudo (altas frequências), é a característica do som que exprime o número de vibrações (ciclos) que a onda sonora completa por segundo, é expressa em Hertz (Hz) e determina o tom do som percebido.

As frequências abaixo dos 20 Hz são chamadas de infrassons e acima dos 20.000 Hz de ultrassons.

As Normas Internacionais indicam que se analisem principalmente os sons compreendidos nas faixas de frequência de 125 Hertz e seus múltiplos, 250, 500,

1.000, 2.000 e 4.000 Hz. O ouvido humano é capaz de compreender frequências entre 20 Hz e 20.000 Hz, cães e gatos são capazes de ouvir frequências de até 40.000 Hz, golfinhos e morcegos escutam até próximo de 160.000 Hz. Conforme mostra a Figura 8

Figura 8: Frequências sonoras ouvidas pelo homem e alguns animais



Fonte: Pujol (2006)

- b) Nível do som: também conhecido como nível sonoro, obtido através de equipamentos medidores específicos, e que determina a intensidade sonora real comparando-a a um nível de referência. As normas brasileiras e internacionais o definem como nível de pressão acústica. A intensidade ou volume do som é chamado de Nível de Pressão Sonora ou acústica e pode ser medida em Pascal, em bar ou em deciBell. Esta última leva o nome de Graham Bell, em reconhecimento por sua contribuição à ciência. Como um Bell é muito grande, utiliza-se o deciBell, dB, ou decibel, um décimo de Bell.
- c) Velocidade de propagação: no ar, c é igual a 340 m/s (metros por segundo). A velocidade de propagação, c , depende principalmente do meio em que o som se produz. Quanto mais rígido o material maior a velocidade de propagação, como se observa no quadro 1.

Quadro 1: Velocidade de propagação do som em diversos meios

Meio	Velocidade (m/s)
Ar	340
Água	1.460
Madeira	1.000 a 5.000
Concreto	4.000
Aço	4.700 a 5.100
Vidro	5.000 a 6.000
Borracha	40 a 150

Fonte: Adaptado de CARVALHO (1967); ROSA (2000); SILVA (1997); COSTA (2003).

Já o ruído, segundo Fregonesi e Lopes (2006), “é um tipo de energia proveniente de processos ou atividades e que se propaga no ambiente em forma de ondas, desde o ponto produtor até o receptor a uma determinada velocidade, diminuindo sua intensidade com a distância e o meio físico”. O ruído, quando ocorre de maneira intensa e ininterrupta causa tensão, reduz a resistência física do homem e inibe a concentração mental.

No quadro 2 apresenta-se a escala decibel, logarítmica, na sua ponderação mais usual, em dBA, com exemplos de níveis de ruído.

Quadro 2: Escala decibel, em dBA, com exemplos de níveis de ruídos

Níveis de Ruído em dBA				
Repousante	Incomodativo	Fatigante	Perigoso	Lesivo
0	50	80	100	120
Dormitório 35 dBA	Trânsito 70 dBA	Indústria 85 dBA	Britadeira 115 dBA	Avião a jato 15dBA

Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

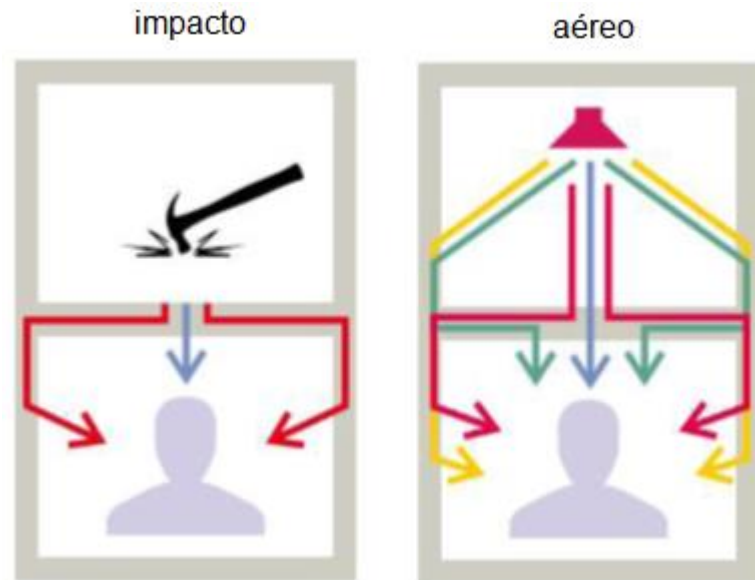
Eficiência é a chave para se alcançar uma boa arquitetura e porventura a sustentabilidade. Conforto ambiental sem boa acústica não é conforto.

O som é uma energia mecânica que depende de meio físico para se propagar. As formas de propagação do som ou ruído ocorrem através do ar, da vibração em meios sólidos ou líquidos.

Em edificações a propagação de ruídos em meio sólido é dito ruído de impacto e a propagação através do ar é dito ruído aéreo.

De modo geral, segundo Pierrard e Akkerman (2013), a transmissão do ruído de impacto entre duas unidades habitacionais sobrepostas ocorre através do próprio sistema de piso, que é uma via de transmissão direta, e através dos elementos laterais ou paredes, que são quatro vias de transmissão indiretas. Já a transmissão do ruído aéreo ocorre também através de uma via de transmissão direta, que é o próprio piso, porém são agora sete vias de transmissão indireta, que são os elementos laterais ou paredes. A Figura 9 representa essas vias.

Figura 9: Forma de transmissão do ruído



Fonte: Pierrard e Akkerman (2013)

Eficiência acústica é o tratamento adequado às condições de ruído que se encontram fora dos níveis indicados na norma NBR 15.575/2013. Para isso, a escolha de materiais acústicos deve considerar também sua eficiência em relação à sustentabilidade. Os materiais acústicos devem ser altamente funcionais, com relação equilibrada entre custo e benefício, longa durabilidade, mitigando a necessidade de manutenção ou substituição.

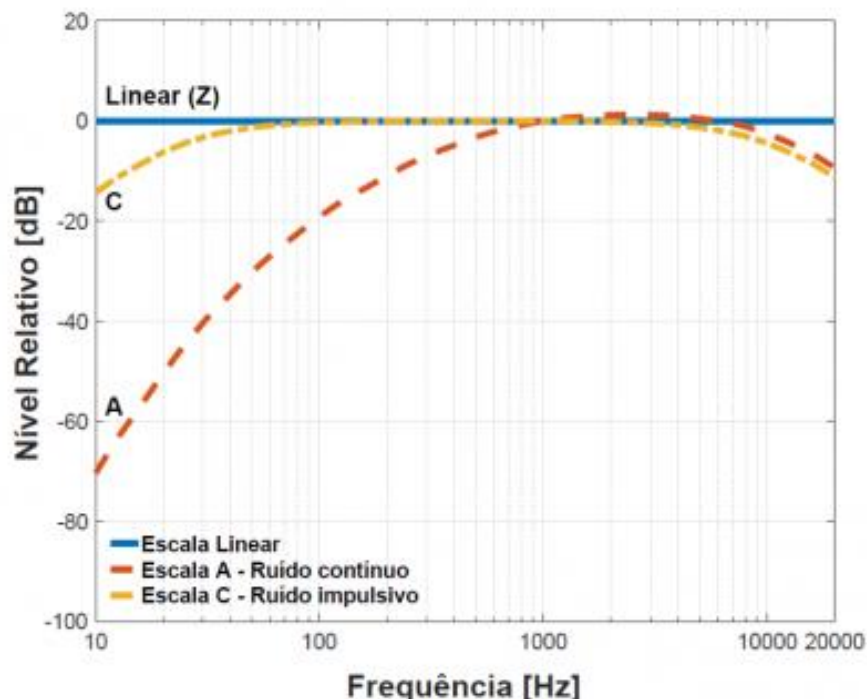
4.5.1 **Diferença entre dB e dB(A)**

O decibel ou dB é a unidade de medida utilizada para quantificar a intensidade do som. O som pode ser quantificado de forma objetiva através da mensuração do Nível de Pressão Sonora (NPS) utilizando equipamentos específicos. O ouvido humano é um sofisticado sensor de som, ele codifica as informações contidas no som para serem interpretadas pelo cérebro. A intensidade de um som ou a força de um sinal, calculado como a relação sinal-ruído, tem seu resultado em decibéis “dB”.

Os seres humanos não possuem a capacidade de ouvir todas as frequências de forma igual, razão pela qual os níveis de som na extremidade de baixa frequência do espectro são reduzidos, já que o ouvido humano é menos sensível a baixas frequências de áudio do que em frequências de áudio elevadas. Dessa forma, foram criadas diferentes ponderações para dar uma medição de volume que leva em consideração a forma como o ouvido humano realmente percebe o som. O ouvido

humano não é igualmente sensível em todas as frequências de som, ele é mais sensível à faixa entre 2000 Hz e 5000 Hz, e menos sensível para as frequências extremamente baixas e altas. Além disso, o ouvido humano responde diferente quando exposto à um ruído contínuo/intermitente e um ruído de impacto. Isso porque o ruído de impacto possui grande energia acústica durante um curto período de tempo, diferentemente do ruído contínuo/intermitente. A mais comum dessas ponderações é a ponderação "A". Devido a esse fato criou-se a escala dBA e dBC que levam em consideração essas influências, modelando o comportamento do ouvido humano de forma padronizada na frequência quando exposto à ruído contínuo/intermitente e de impacto, sendo assim possível estimar o NPS no ouvido humano. O gráfico 2 a seguir apresenta as curvas dB, dBA e dBC.

Gráfico 2: Forma de transmissão do ruído



Fonte: <http://laepi.com.br/qual-a-diferenca-entre-db-dba-e-dbc/>.

Por exemplo: para um som de 70 dB em 1000 Hz, o ouvido humano percebe integralmente os 70 dB(A) e 70 dB(C). Se este nível está em 100 Hz, o ouvido humano percebe 60 dB(A) e 70 dB(C). Entretanto, se este nível está em 30 Hz, o ouvido humano percebe 30 dB(A) e 67 dB(C).

A exposição ao ruído deve ser avaliada tanto para o ruído contínuo/intermitente quanto para ruído de impacto, sendo que para cada situação deve ser realizada uma

análise específica. Na redução do ruído dB, o foco é selecionar a melhor solução de controle de ruído para a aplicação em cada projeto, e ao mesmo tempo minimizar custos para viabilidade dos projetos.

4.5.2 **Diferença padronizada de nível poderada**

Para avaliações de isolamento sonoro aéreo através de medições em campo, são adotados os seguintes parâmetros ponderados: a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D'_{nT,w}$) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada ($D'_{2m,nT,w}$), o primeiro parâmetro é utilizado para avaliações de vedações verticais internas das edificações, e o segundo, para avaliações de fachadas de dormitórios em edificações. Nos dois casos são obtidos números únicos a partir do cálculo da Diferença Padronizada de Nível (D_{nT}) e da Diferença Padronizada de Nível a 2 m ($D'_{ls,2m,nT}$), respectivamente, conforme equações 1 e 3:

$$D_{nT} = D - 10 \cdot \log\left(\frac{T}{T_0}\right) \quad (1)$$

Onde:

- D_{nT} : é a diferença de nível, em dB;
- T : é o tempo de reverberação da sala de recepção, em segundos;
- T_0 : é o tempo de reverberação de referência, em edificações, $T_0 = 0,5$ s.

Sendo a diferença de nível, D , obtida da diferença entre os níveis de pressão sonora da fonte, na sala de emissão (L_1) e na sala de recepção (L_2), conforme equação 2, dada em decibéis, dB:

$$D = L_1 - L_2 \quad (2)$$

$$D'_{ls,2m,nT} = D'_{ls,2m} + 10 \cdot \log\left(\frac{T}{T_0}\right) \quad (3)$$

Onde:

- $D'_{ls,2m}$: é a diferença de nível a 2 m, em decibels, dB;

- T : é o tempo de reverberação da sala de recepção, em segundos;
- T_0 : é o tempo de reverberação de referência (edificações), $T_0 = 0,5s$.

Por sua vez, a Diferença de Nível a 2 m ($DI_{s, 2m}$) é o resultado da diferença entre o nível de pressão sonora médio do lado de fora, a 2 m da fachada ($L_{1, 2m}$), e o nível de pressão sonora médio na sala receptora (L_2), conforme equação 4:

$$DI_{s, 2m} = L_{1, 2m} - L_2 \quad (4)$$

Para essa pesquisa os parâmetros utilizados para avaliar o isolamento das paredes estudadas foram os valores da Diferença Padronizada de Nível Ponderado, DnT, w e $D2m, nT, w$.

4.5.3 **Ineficiência acústica e suas consequências para a saúde humana**

As consequências da ineficiência acústica para a saúde humana vão muito além da perda temporária ou permanente da audição, os efeitos negativos decorrentes do ruído excessivo no homem, contrariando o pensamento de muitas pessoas. São também conhecidos efeitos fisiológicos e psicológicos relacionados a altos níveis de ruído.

Pesquisadores de diferentes áreas que possuem relação com a acústica veem realizando estudos para verificar os efeitos extra auditivos causados pelo ruído. Ocorrem reflexos em todo o corpo humano provenientes das vibrações de ruído causando uma série de alterações, conforme mostra-se a seguir (GERGES, 1992; VECCI, 2002):

A exposição frequente a ruídos entre 60 e 115 dB pode provocar no aparelho circulatório, alteração na frequência cardíaca e aumento da pressão arterial. Como consequências podem ocorrer entre outras, o desenvolvimento de hipertensão, infarto do miocárdio e até a morte (SOUZA, 2000).

Da mesma forma observam-se alterações no aparelho digestivo, aumento da produção de ácido clorídrico (HCl) - responsável pelo aparecimento de gastrites e úlceras e alterações nos movimentos peristálticos (SOUZA, 2000).

No sistema endócrino responsável pela produção e regulação de hormônios no corpo humano, nesse sistema, em situações de elevados níveis de ruído, observa-se a produção aumentada como, por exemplo, do hormônio de crescimento, que pode causar diabetes mellitus se sua produção for excessiva. Cortisol e adrenalina alteram a pressão arterial, outras situações são alterações sexuais e reprodutivas que ocorrem com o aumento da produção da prolactina. Também é possível que um indivíduo se torne “barulho-dependente” em função da liberação de algumas endorfinas em situações de ruído elevado que podem causar dependência (SOUZA, 2000).

O sistema imunológico pode ser afetado em decorrência da exposição ao ruído dificultando a recuperação na cura de doenças, alterações nas funções sexuais e reprodutivas podem ocorrer, causando no homem a diminuição da libido, impotência e/ou infertilidade, e nas mulheres alterações no ciclo menstrual, dificuldade para engravidar e maior incidência de abortos. Observa-se ainda que mulheres grávidas podem ter filhos com anomalias congênitas quando expostas a elevados níveis de ruído, (VON GIERKE & ELDRED, 1993).

Segundo Souza (2000), existe perda considerável de produtividade na realização de tarefas intelectuais e físicas, e o ruído pode causar distração, dificultando a concentração. Um bom desempenho de tarefas ocorre com níveis de ruído da ordem de 55 dB.

O ruído também causa sérias interferências no sono. Um estudo realizado por Souza (2000) mostrou que para que haja um sono de qualidade, o ideal seria um nível de ruído abaixo de 35 dB.

Só o ruído do tráfego é prejudicial à saúde de quase todas as pessoas na Região Europeia da OMS. Um em cada cinco europeus é regularmente exposto a níveis sonoros durante a noite que podem causar danos significativos à saúde (OMS, 2018). [Tradução do autor].

Além das patologias ocasionadas pelo ruído, vibrações incapazes de ser detectadas pelo ouvido humano também podem ser muito prejudiciais à saúde.

4.6 Sustentabilidade e eficiência acústica

O termo sustentabilidade não é modismo, e é talvez um dos desafios globais mais importantes da nossa atualidade. O desenvolvimento humano no ritmo que se encontra ameaça perigosamente a sustentabilidade do nosso planeta. Na construção civil a sustentabilidade consiste num processo que promova intervenções sobre o

meio ambiente, preservando-o, sem dele esgotar os recursos naturais, garantindo-o às gerações futuras. Esse modelo sustentável utiliza soluções inteligentes e tecnológicas, materiais ecológicos, que não fomentem a poluição e que quando possível promovam a redução da mesma, a prática do uso e reuso das águas, e nesse contexto águas pluviais e cinzas, de energia e o conforto de seus usuários.

É premissa em uma obra sustentável o aproveitamento de recursos naturais, por exemplo a iluminação natural, contribuindo na racionalização do uso de energia elétrica. Na mesma linha, para permitir redução no consumo de água, utilizar sistemas e tecnologias para captação, armazenamento e reuso da água pluvial para fins não potáveis. Soma-se ainda a reciclagem do lixo contemplando áreas para coleta seletiva criando ambientes saudáveis, e ainda a utilização de tecnologias para regular acústica e temperatura.

Optar pela utilização de materiais acústicos isolantes, demanda avaliação prévia de sua eficiência, a sua sustentabilidade e também sua durabilidade, uma vez que após incorporado ao edifício, devem permanecer o máximo de tempo sem necessidade de substituição ou manutenção.

Nada impede que o conforto acústico seja encarado como um conceito subjetivo uma vez que conforto se trata de uma percepção humana, e aquilo que é agradável para um indivíduo não é necessariamente para outros. Essa subjetividade é trazida para parâmetros de caráter objetivo e mensurável com o advento de normas reguladoras. A Norma Desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2013), estabelece parâmetros de desempenho no quesito acústico, alterando a percepção de conforto para eficiência acústica.

4.6.1 *Eficiência energética em habitações (acústica)*

No conceito da eficiência energética nas edificações evidencia-se a importância de se observar as condições de implantação de um empreendimento em relação às atividades permitidas pelo plano diretor da cidade, para confrontar o tipo de atividades potenciais e relacionar com o conforto acústico. Os desempenhos da edificação sob o aspecto da eficiência e do conforto acústico proporcionarão ao indivíduo o adequado desenvolvimento das suas atividades diárias. A eficiência no conforto acústico contribui para minimizar a incidência de doenças no indivíduo e favorecem a concentração para o desempenho das suas atividades.

Vários são os benefícios para o indivíduo em decorrência do conforto acústico. Assim, diminuir ou eliminar a permeabilidade ao ruído do interior de um ambiente para ambientes vizinhos, melhora o conforto das pessoas, promovendo maior eficiência energética, já que existe forte relação entre o isolamento acústico e o isolamento térmico. Vale lembrar que o isolamento acústico ocorre tanto em evitar a passagem do ruído externo, como entre locais de geminação (paredes geminadas).

A eficiência acústica pressupõe estudos e conhecimentos dos fenômenos do som. O desconforto acústico em uma edificação é prejudicial aos seus usuários, quer seja pela possibilidade de gerar ruído, o que limita as ações do indivíduo, quer seja pelo desconforto de ouvir conversas, intimidades e sons gerados por vizinhos e entorno, e isso pode gerar graves consequências na vida social e produzir efeitos emocionais diversos ao indivíduo. Diferentemente dos países onde se predomina o clima frio, nosso clima quente e úmido exige aberturas principalmente das janelas, já que nem sempre se pode contar com arrefecimento por ar condicionado, prejudicando assim a eficiência acústica. Os países de clima frio por sua vez são privilegiados com uma melhor eficiência acústica, sendo que uma vedação térmica de boa qualidade acaba por privilegiar um melhor isolamento sonoro.

4.7 Norma NBR15575 (2013) – Edifícios Habitacionais - Desempenho

A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), intitulada “Edifícios Habitacionais - Desempenho”, NBR 15575 (2013), tem como finalidade avaliação e desempenho de edificações que serão entregues aos usuários com condições mínimas de durabilidade, segurança e habitabilidade, independente de

sistema construtivo utilizado e dos seu materiais constituintes, e tem como foco os requisitos dos usuários. Uma importante mudança, de forma geral, na norma ABNT NBR 15.575 da primeira edição (2008) para a quarta (2013) é sua abrangência, uma vez que deixa de abordar apenas os edifícios de até cinco pavimentos e passa a tratar de todos os novos edifícios habitacionais. Na construção civil brasileira, é considerada um divisor de águas, pois obriga as construtoras a conceberem e executarem as obras para que o nível de desempenho acústico especificado em projeto seja atendido ao longo de uma vida útil (BORGES, 2012).

A informação de nível de ruído externo é básica de projeto e os desempenhos dos sistemas, elementos e componentes de composição da edificação precisam ser conhecida por quem projeta. Podem ser utilizados os históricos do desempenho obtido ao longo da vida útil de tecnologias tradicionais, mas tecnologias inovadoras muitas vezes demandam ensaios (BORGES, 2012).

A norma ABNT NBR 15575/2013 apresenta a sequência de requisitos de desempenho para cada necessidade do usuário e condição de exposição, critérios de desempenho e respectivos métodos de avaliação. Seis partes compõem a norma, são elas:

- 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 – SVVIE;
- Parte 5: Requisitos para os sistemas de cobertura;
- Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Estão estabelecidos na norma ABNT NBR15575/2013, para os diferentes tipos de sistemas, requisitos mínimos de desempenho, em função das necessidades básicas de saúde, segurança, higiene e economia. O nível mínimo (M) de desempenho deve ser atendido na edificação. A norma estabelece ainda valores de desempenho intermediário (I) e superior (S) que são optativos por parte do construtor. Esses valores conferem uma melhor classificação para o empreendimento.

Segundo a norma, a edificação habitacional deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos

provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado de ruído aéreo entre ambientes comuns e de unidades autônomas diferentes.

O isolamento acústico de vedações externas deve proporcionar condições mínimas de desempenho acústico das fachadas da edificação.

O isolamento acústico entre ambientes deve proporcionar condições de isolamento entre as áreas comuns e ambientes de uma mesma unidade habitacional e entre unidades habitacionais distintas. Para isso a edificação deve atender ao limite mínimo de desempenho conforme estabelecido nas normas ABNT NBR 15575-4/2013.

4.7.1 Métodos de medição de desempenho acústico

Os sistemas de vedações verticais internas e externas das edificações habitacionais são abordados na parte 4 da norma ABNT NBR15575/2013. O item 12 apresenta os requisitos e critérios para a verificação do isolamento acústico entre os meios externo e interno, entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns.

Para avaliação do sistema vertical de vedação externa (SVVE), sistema de vedação vertical de vedação interna (SVVI) e elementos construtivos são apresentados três métodos. Segundo Neto (2009), para a avaliação acústica de elementos e sistemas construtivos, três são os métodos existentes: método de precisão ou de laboratório, método de engenharia e método simplificado de campo.

- Método de precisão ou de laboratório é o procedimento para a medição da isolamento sonora, que apresenta índice de redução sonora mais preciso, uma vez que as condições para a realização dos testes são totalmente conhecidas e controladas. Porém, os sistemas construtivos são avaliados independentemente, o que resulta no índice de desempenho acústico de cada sistema construtivo isoladamente. O método de ensaio é descrito na norma ISO 10140-2/2010.
- Método de engenharia é um procedimento para a medição do isolamento sonoro em campo, neste caso, para o sistema vertical de vedação externa, SVVE, (conjunto fachada e cobertura, no caso de casas térreas e sobrados, e somente fachada nos edifícios multipiso), e para o sistema vertical de vedação interna, SVVI, entre unidades autônomas e entre uma unidade e áreas comuns. Para Barry (2005), apud Neto (2009), o método de engenharia é mais rigoroso em campo,

mais completo tecnicamente e, portanto, recomendável. Para o SVVE o método de medição é descrito pela na norma ISO 140-5/1998, e para o SVVI o método de medição é descrito pela na norma ISO 140-4/1998.

- Método simplificado é um procedimento de campo para a estimativa do isolamento sonoro dos sistemas construtivos em edificações em condições onde não há instrumentação específica para medição ou quando o alto nível de ruído de fundo não permite obter esse parâmetro.

Para sistemas verticais de vedação externa da unidade habitacional utiliza-se o método de avaliação em campo para a determinação dos valores da diferença padronizada de nível, $D_{2m,nT,w}$. Os valores de desempenho Mínimo, Intermediário e Máximo da diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa de dormitório são apresentados no quadro 3.

Quadro 3: Valores de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa

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.	≥ 20	M
		≥ 25	I
		≥ 30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III.	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S

Fonte: NBR 15575-4 (2013).

Para sistemas verticais de vedação interna deve-se utilizar o método de avaliação em campo para a determinação dos valores da diferença padronizada de nível, $D_{nT,w}$. O quadro 4 apresenta os valores de desempenho Mínimo, Intermediário e Máximo da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$.

Quadro 4: Valores de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, entre ambientes

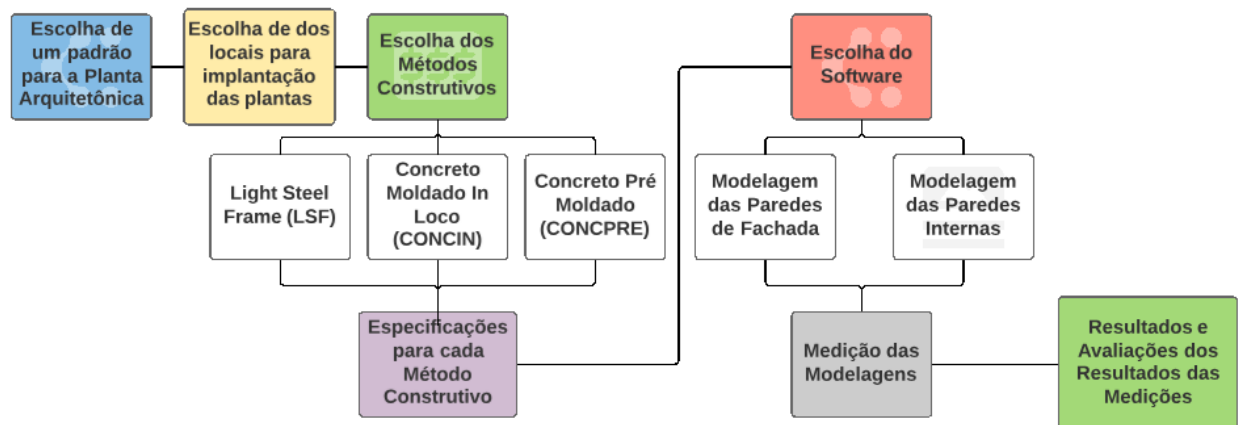
Elementos	$D_{nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥ 40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S

Fonte: NBR 15575-4 (2013)

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo descreve-se a metodologia utilizada para avaliação da eficiência acústica nas edificações propostas e analisadas por meio de cálculos em software, o PROJETUS MULTINOVA (versão 2.0.2.1), programa completo de suporte no desenvolvimento de projetos acústicos de acordo com Normas Internacionais e a Norma de Desempenho Brasileira ABNT NBR 15575. Esse software fornece o nível de ruído de acordo com a tipologia utilizada para a simulação. O fluxograma 1 apresenta o desenvolvimento do trabalho em etapas.

Fluxograma 1: Fluxograma com as etapas de estudo do trabalho

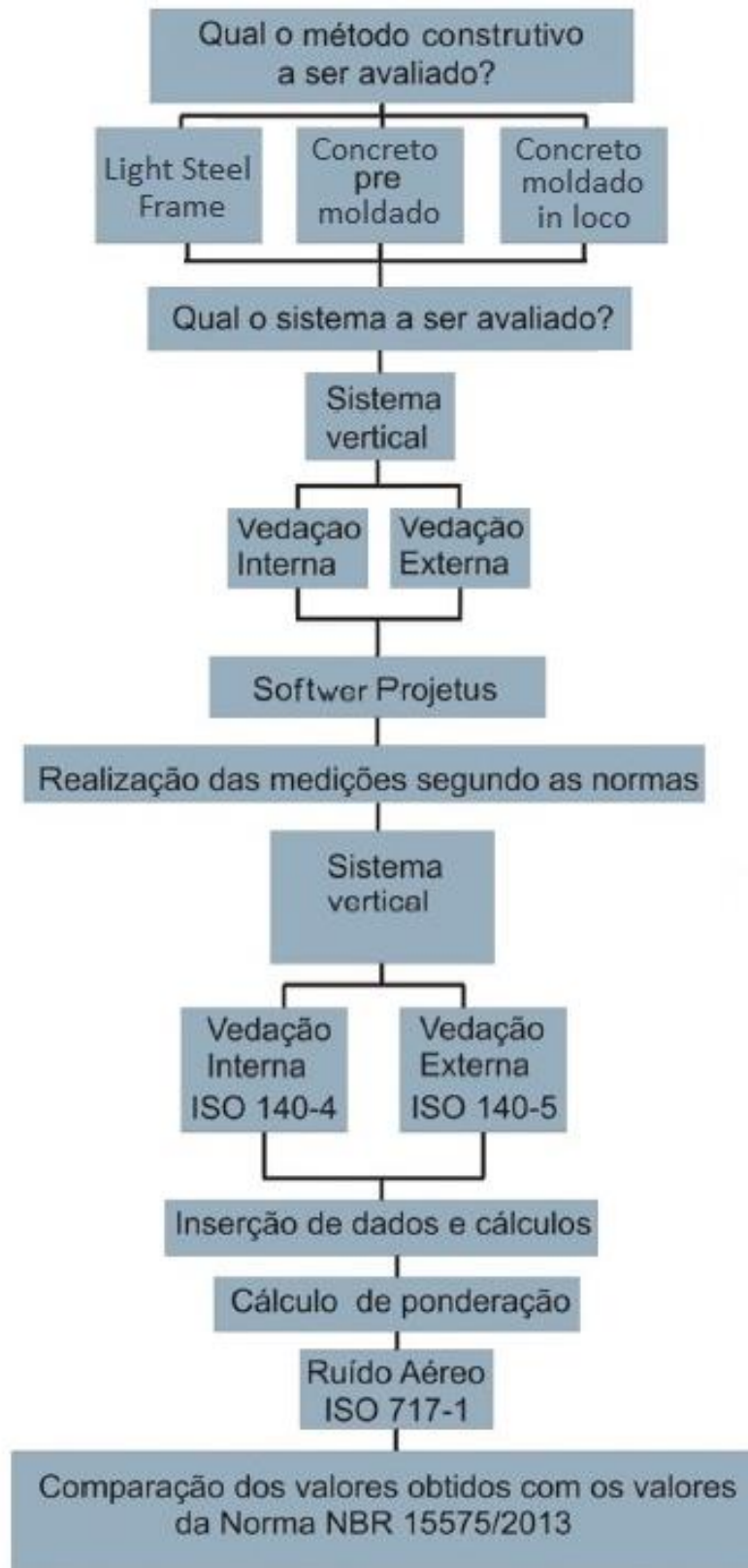


Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Foram realizadas um total de 54 avaliações, considerando-se o total de paredes e as classes de ruído para três sistemas construtivos distintos: paredes em Light Steel Framing (Situação 1: LSF), paredes de concreto moldadas in loco (Situação 2: CONCIN), e paredes de concreto pré-moldadas (Situação 3: CONCPRE).

As análises de desempenho acústico foram realizadas em software de acordo com Normas Internacionais e a Norma de Desempenho Brasileira ABNT NBR 15575:2013. O fluxograma 2 apresenta o fluxograma contendo as etapas realizadas.

Fluxograma 2: Fluxograma com as etapas de estudo do trabalho



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

5.1 Limitações da pesquisa

Este trabalho está limitado à avaliação de desempenho acústico das edificações frente à norma de desempenho NBR 15575:2013, quanto à incidência de ruídos aéreos para duas situações:

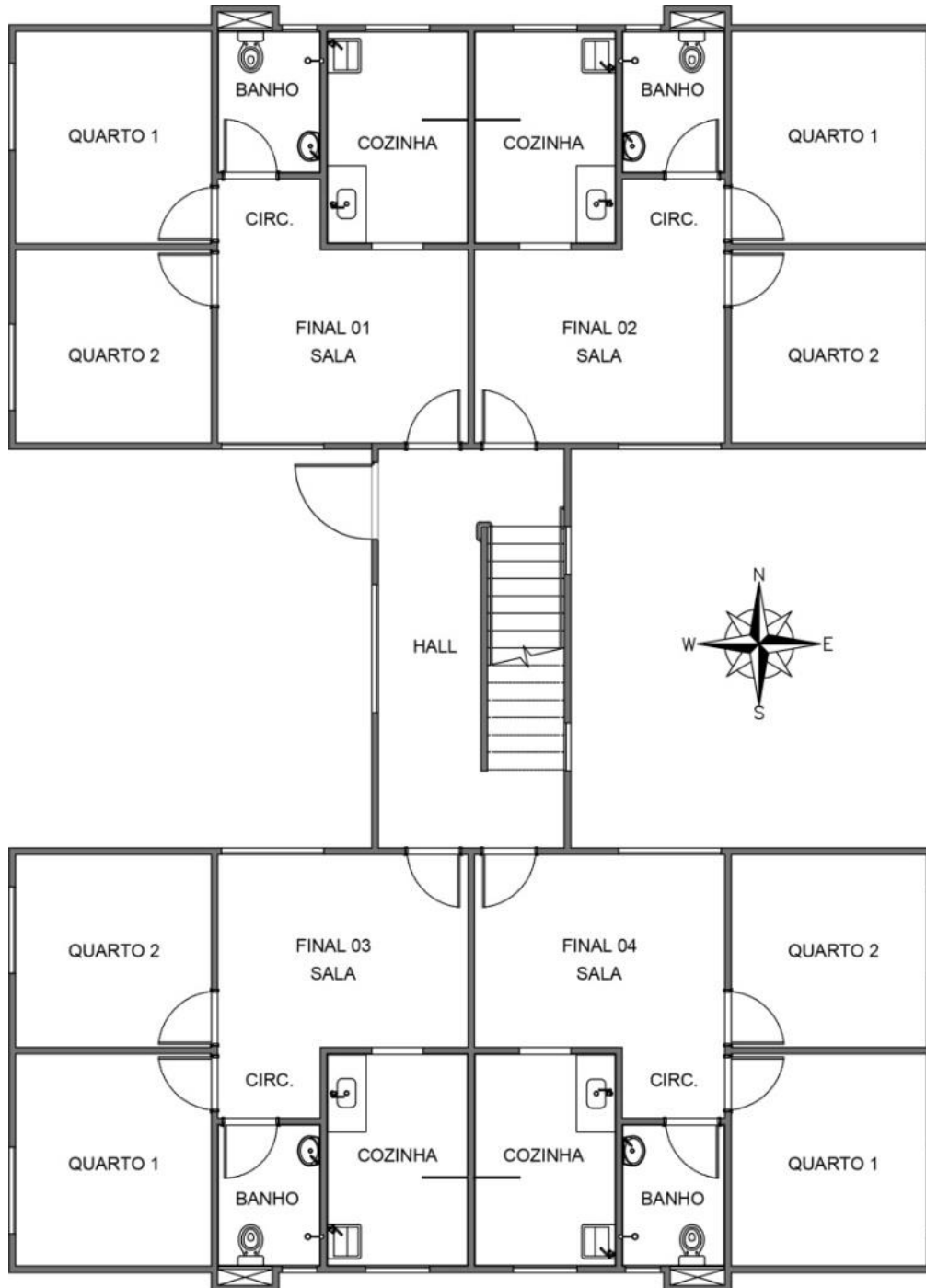
1) Entre vedações verticais de isolamento interno onde pelo menos um dos cômodos seja um dormitório e entre unidades autônomas sem a presença de dormitório, como salas, por exemplo; e para fachadas.

5.2 Escolha e identificação do Projeto

Para o desenvolvimento do trabalho foi selecionado um modelo de projeto arquitetônico de uma edificação habitacional do programa Minha Casa Minha Vida doravante MCMV de quatro pavimentos, de torre única. O projeto foi implantado em três regiões distintas, indicando-se a orientação geográfica, de acordo com o norte geográfico fixado em projeto e as características geométricas da edificação.

O projeto contempla um edifício habitacional de quatro pavimentos, com quatro apartamentos por andar. Cada unidade habitacional (UH) tem aproximadamente 47m² e é composta por uma sala, dois quartos, um banheiro e uma cozinha com área de serviço (FIGURA 10).

Figura 10: Planta original padrão MCMV



Fonte: Caixa (2019)

O projeto escolhido foi implantado em três zonas segundo Plano Diretor de Belo Horizonte onde já existem habitações de interesse social construídas. Foram substituídas as edificações existentes pelo projeto MCMV apresentado e verificados os níveis de ruídos de fundo nos endereços dessas edificações, sendo elas: Condomínio Amazonas – Rua Amilcar Cabral, 280, Milionários, regional Barreiro

(ZAP), Residencial Pinheiros – Rua Paulo Kruger Mourão, 230, Jardim Guanabara, regional Norte (ZAR) e Condomínio Residencial Oliveira – Rua dos Borges, 1209, Jardim Vitória, regional Nordeste (ZAR/AEIS-1). Estes endereços foram selecionados com o objetivo de se obter um número considerável de variáveis de ruídos de fundo.

Para o desenvolvimento do estudo comparativo, utilizou-se a mesma planta base, analisando-se a eficiência acústica de três sistemas construtivos industrializados distintos:

- Situação 1: Sistema construtivo em estrutura metálica, com pilares e vigas em perfil “I” de aço, fechamentos em Light Steel Framing, divisórias internas em dry-wall, lajes em concreto armado e cobertura de telha colonial cerâmica. Situação 1 Light Steel Framing doravante neste trabalho como Situação 1: LSF;
- Situação 2: Sistema construtivo em paredes de concreto, com paredes estruturais e lajes em concreto armado moldado in loco e cobertura de telha colonial cerâmica. Situação 2 paredes de concreto doravante neste trabalho como Situação 2: CONCIN;
- Situação 3: Sistema construtivo em paredes de concreto autoportante pré-moldadas, com paredes estruturais e lajes em concreto armado e cobertura de telha colonial cerâmica. Situação 3 paredes de concreto doravante neste trabalho como Situação 3: CONCPRE.

Foram especificadas para todas as situações o mesmo norte geográfico, as mesmas aberturas e o mesmo layout. As plantas foram adaptadas aos sistemas construtivos escolhidos, tendo sido elaborados pelo autor todos os detalhes, cortes, elevações e adaptações necessárias. Foram identificadas em planta as paredes da unidade habitacional de número 101 e seus respectivos ambientes e aberturas (janelas e portas).

Buscando uma apresentação mais sucinta, as análises são feitas com base na unidade habitacional tipo de número 101 do pavimento térreo, considerando que os materiais não se alteram de uma unidade habitacional tipo para outra e nem entre os blocos. As demais unidades seguem a mesma configuração da unidade escolhida e são identificadas em uma mesma planta, de acordo com a legenda:

A numeração das unidades habitacionais foi feita, em planta, de cima para baixo e da esquerda para a direita, do primeiro ao quarto pavimento.

Os ambientes foram identificados em planta e numerados de cima para baixo e da esquerda para a direita, segundo a legenda:

- AMBIENTE X;
- AMBIENTE = Identificação do ambiente: QUARTO, SALA, BANHO, COZINHA ou CIRCULAÇÃO (CIRC.);
- X = Numeração do ambiente;

As aberturas foram identificadas em planta e numeradas de cima para baixo e da esquerda para a direita, de acordo com a legenda, sendo:

- Jn;
- J = Janela;
- n = Numeração adotada para cada janela, de acordo com a tipologia adotada.
- Pn;
- P = Porta;
- N = Numeração adotada para cada porta, de acordo com a tipologia adotada.

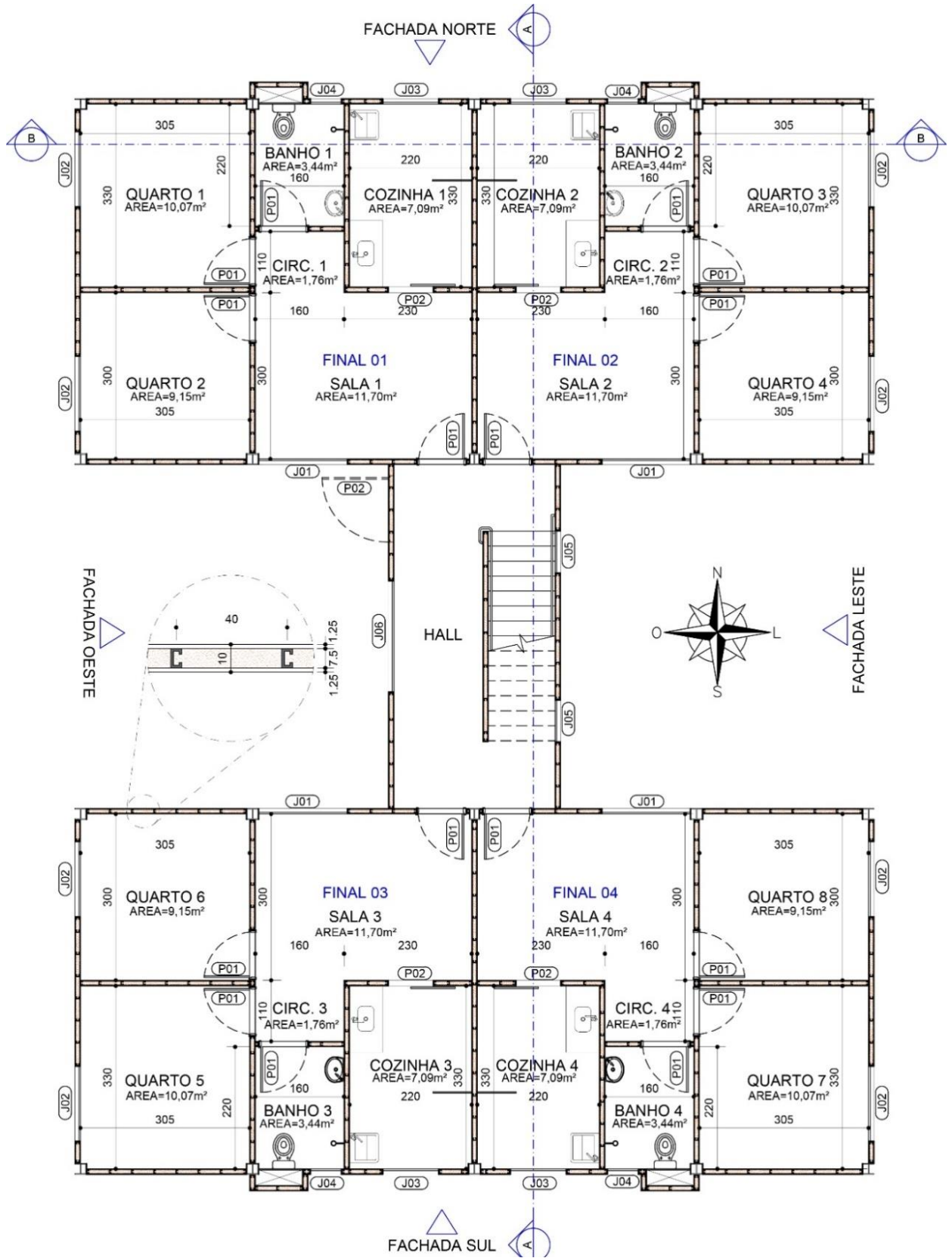
Também foram identificados em planta o posicionamento dos cortes, a direção das fachadas, o norte geográfico e a metragem quadrada de cada ambiente (m²), bem como as cotas principais dos ambientes.

Foram especificados os materiais constituintes da edificação (paredes externas e coberturas) dos três métodos construtivos estudados. Também foram especificadas todas as aberturas (portas e janelas) com suas propriedades e características geométricas: Materiais constituintes, tipo de abertura (ex.: correr 2 folhas), dimensões (m).

5.2.1 **Identificação do sistema construtivo em Light Steel Framing**

A planta da edificação, na Situação 1: LSF, é apresentada na figura 11.

Figura 11: Planta padrão do sistema de Light Steel Framing

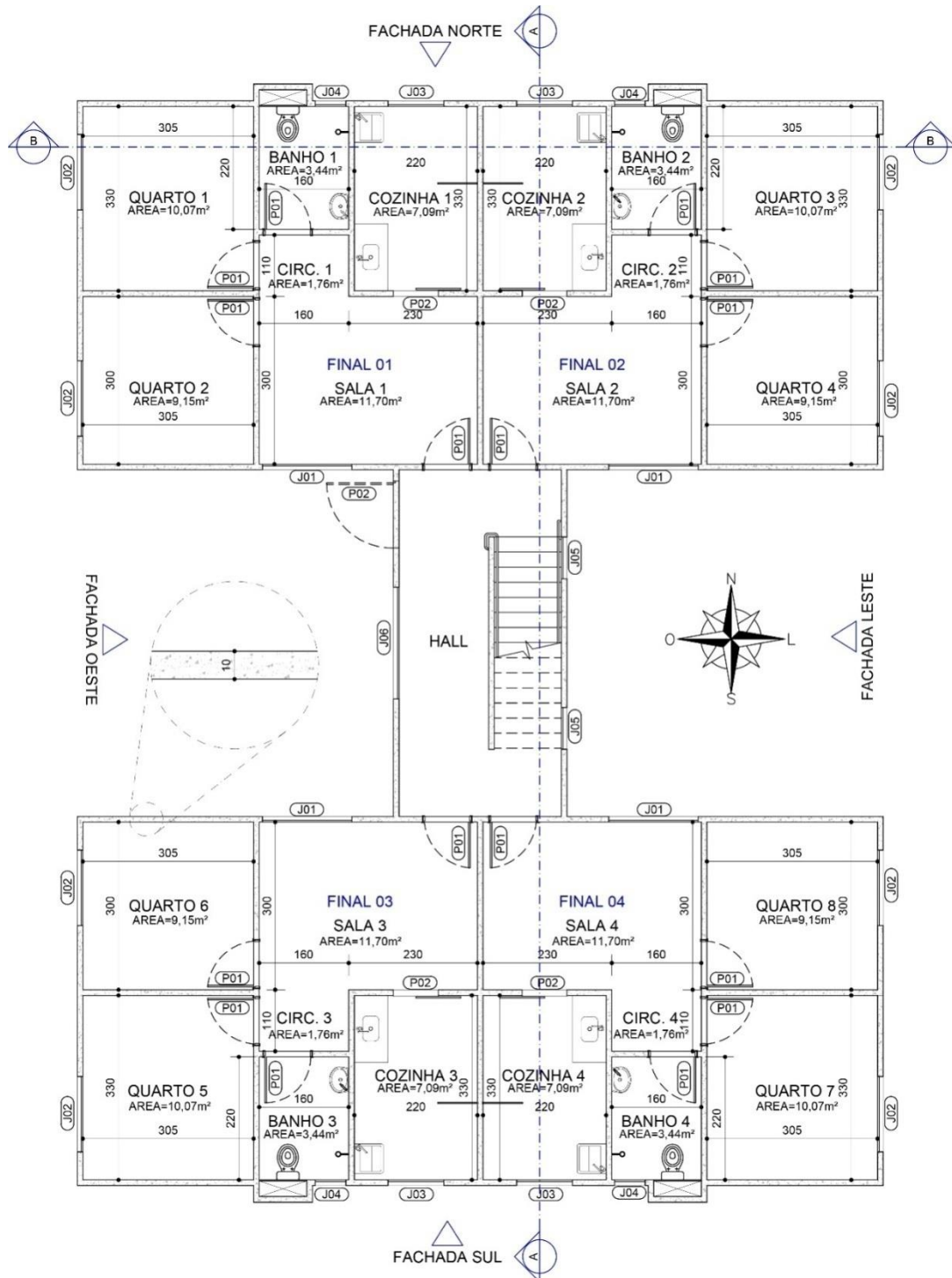


Fonte:Caixa (2018) (Adaptado)

5.2.2 Identificação do sistema construtivo em Paredes de concreto moldadas in loco

A planta da edificação, na Situação 2: CONCIN, foi apresentada na figura 12.

Figura 12: Planta padrão do sistema de paredes de concreto

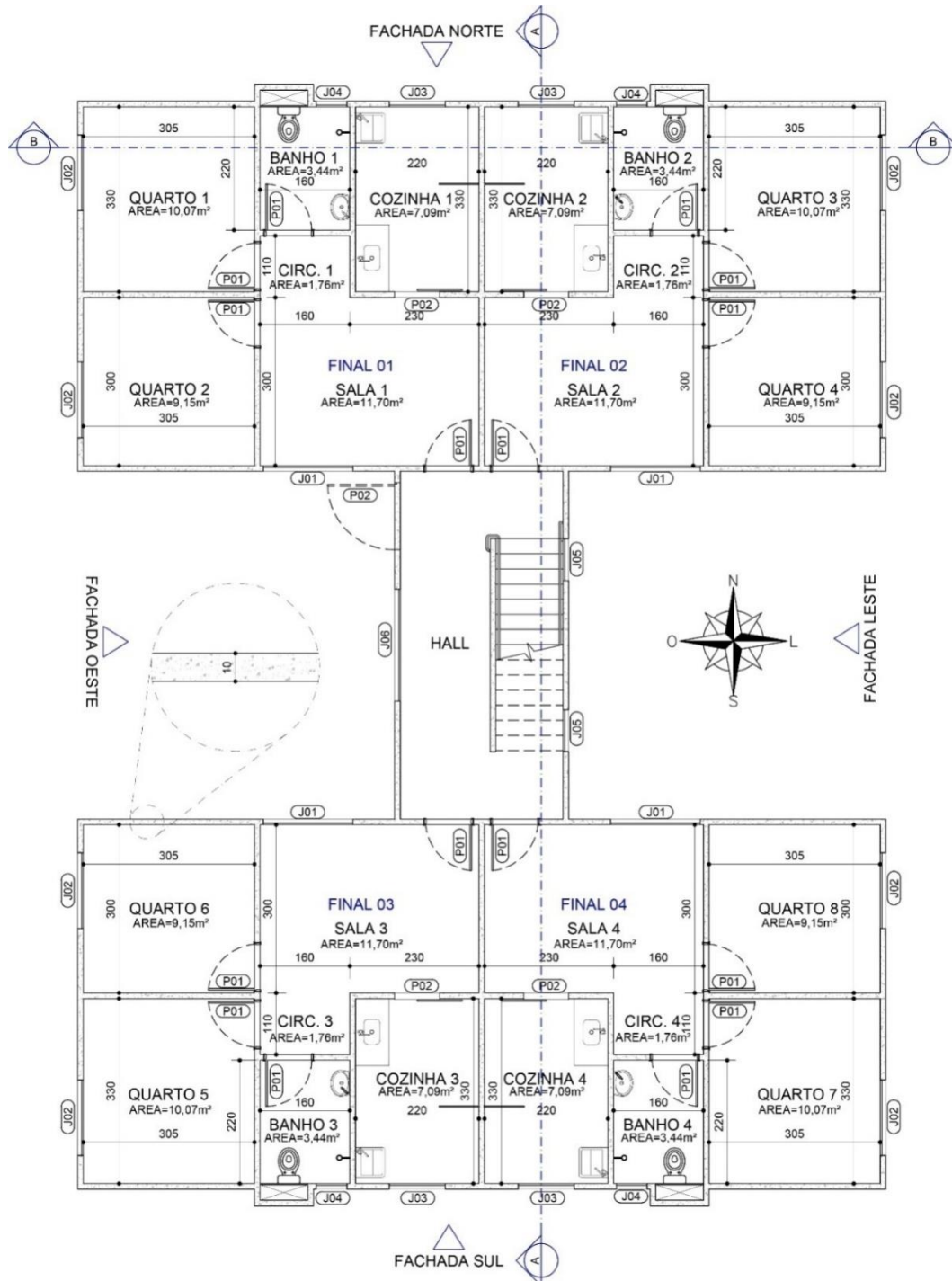


Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

5.2.3 Identificação do sistema construtivo em Paredes de concreto autoportante pré-moldadas

A planta da edificação, na Situação 3: CONCPRE, foi apresentada na figura 13.

Figura 13: Planta padrão do sistema de paredes de concreto pré-moldados

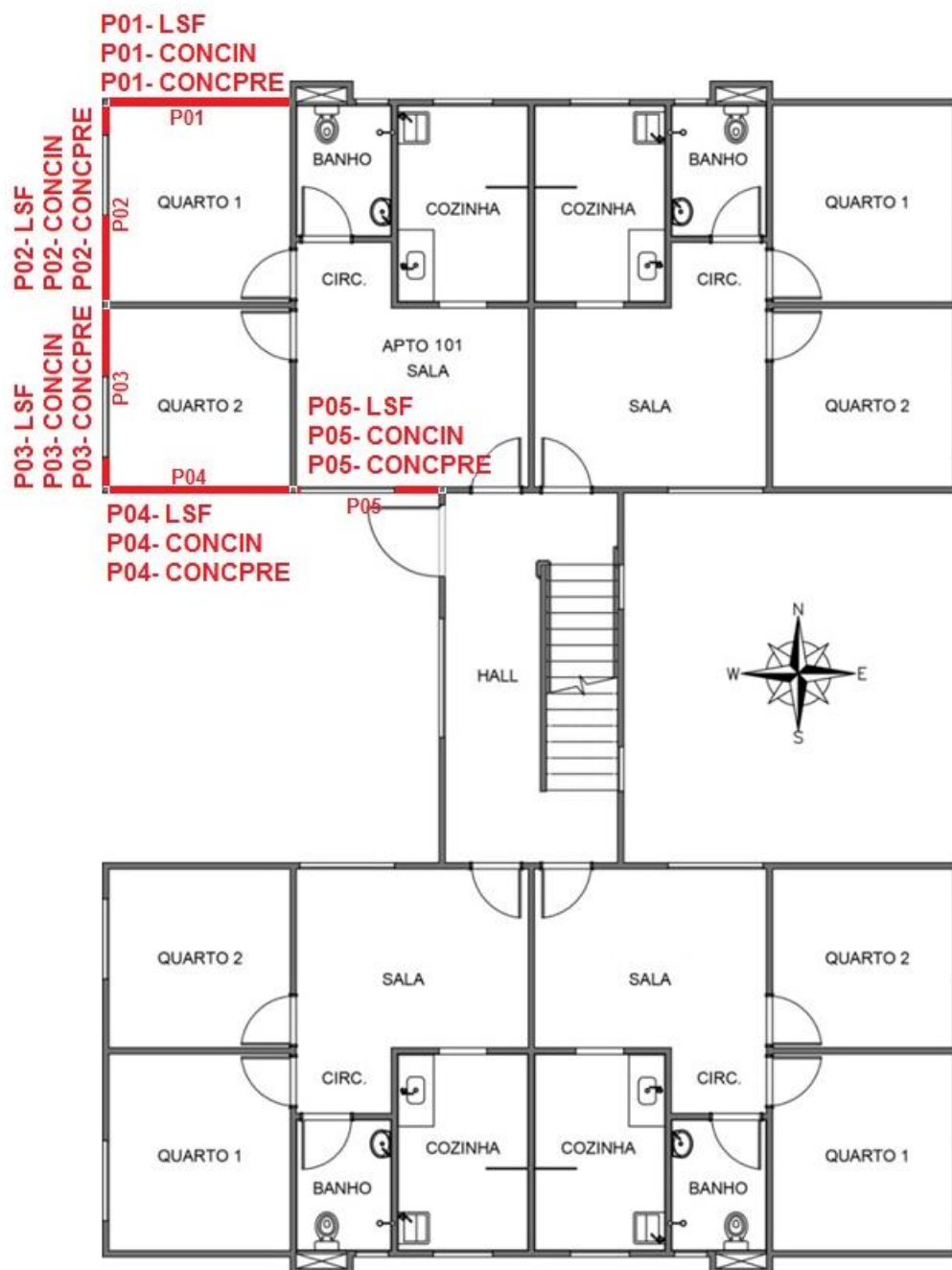


Fonte:Caixa (2018) (Adaptado)

5.2.4 Identificação das paredes externas

A figura 14 apresenta a planta da edificação com as indicações e nomenclaturas das paredes externas para a Situação 1: LSF, Situação 2: CONCIN, e Situação 3: CONCPRE.

Figura 14: Planta padrão para paredes de fachada em todos os sistemas construtivos

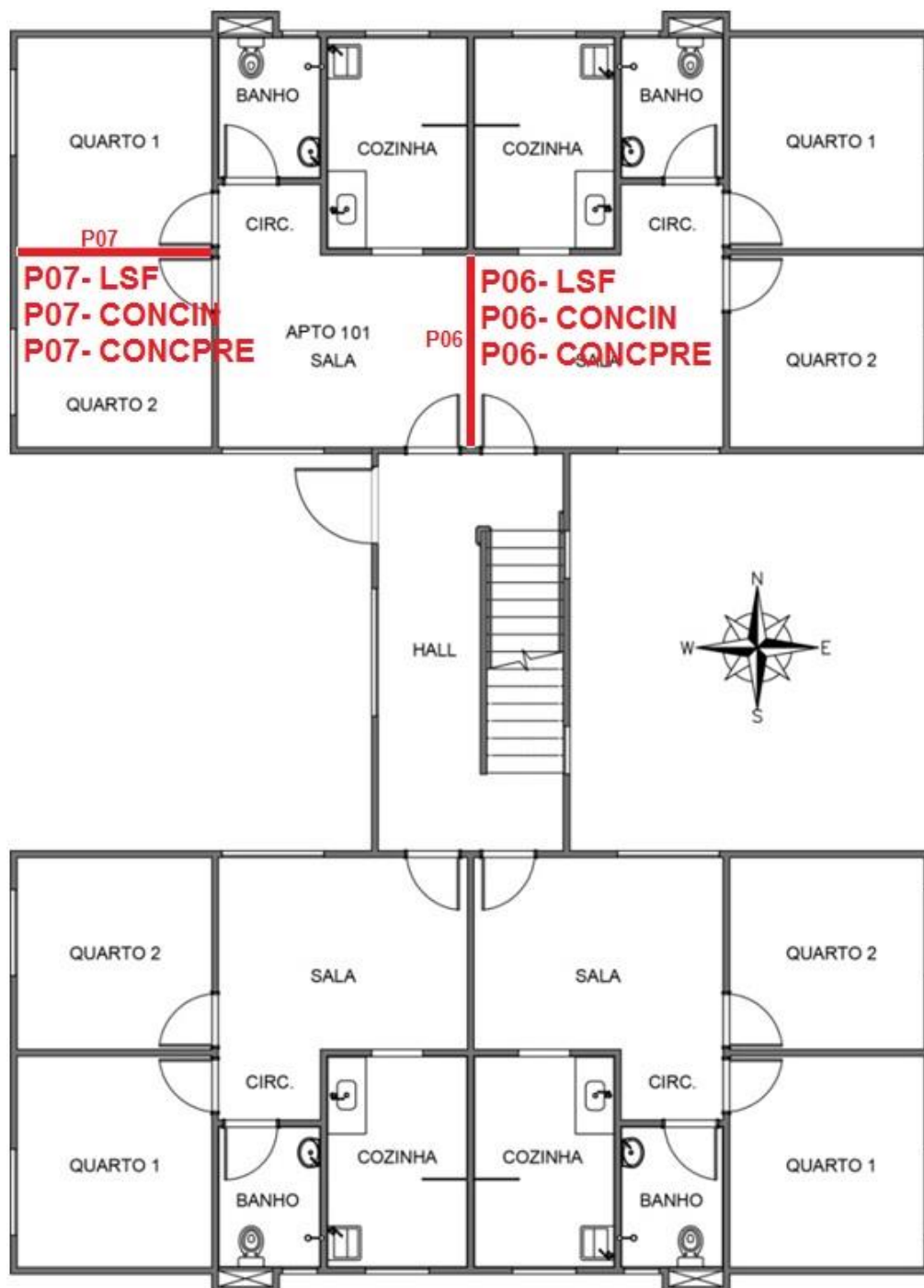


Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

5.2.5 Identificação das paredes internas

A figura 15 apresenta a planta da edificação com as indicações e nomenclaturas das paredes internas para a Situação 1: LSF, Situação 2: CONCIN, e Situação 3: CONCPRE.

Figura 15: Planta padrão para paredes internas em todos os sistemas construtivos

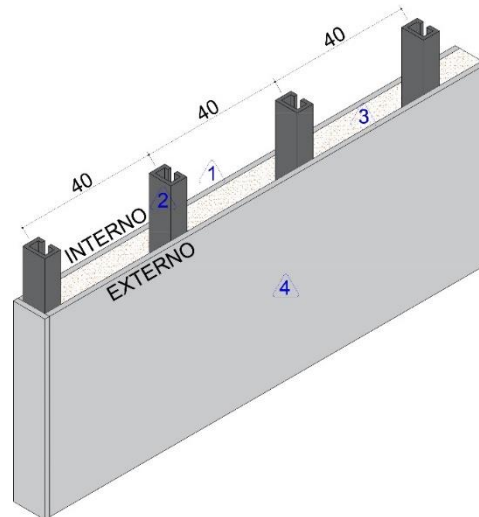


Fonte:Caixa (2018) (Adaptado)

5.2.6 **Detalhamento das paredes externas do sistema de Light Steel Framing**

A figura 16 ilustra as paredes externas do sistema construtivo em Light Steel Framing e seus respectivos componentes.

Figura 16: Composição das paredes externas do sistema de Light Steel Framing



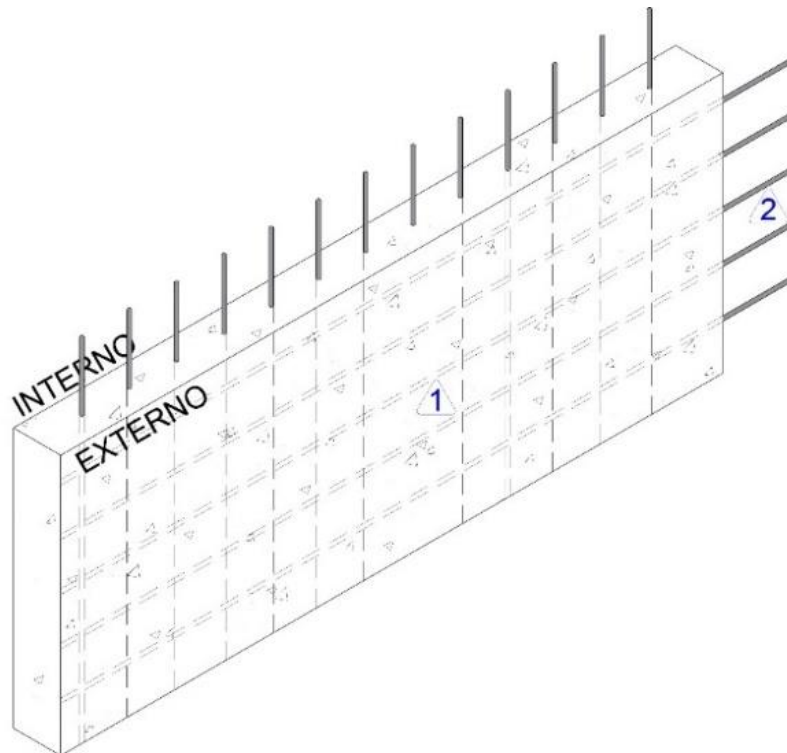
Fonte: NBR 15253 (2014) (Adaptado)

Legenda: 1) Placa de gesso acartonado 2) Perfil de alumínio 3) Lã de rocha 4) Placa cimentícia.

5.2.7 **Detalhamento das paredes externas do sistema de paredes de concreto moldadas in loco**

A figura 17 ilustra as paredes externas do sistema construtivo em paredes de concreto moldadas in loco e seus respectivos componentes.

Figura 17: Composição das paredes externas do sistema de paredes de concreto



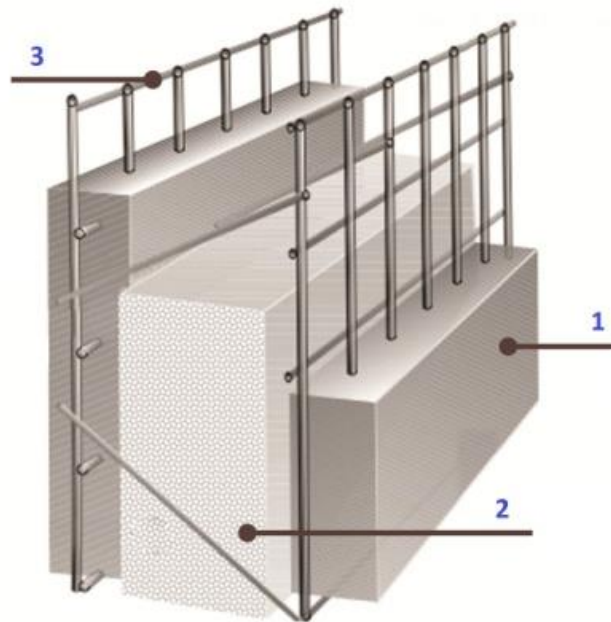
Fonte: NBR 16055 (2012) (Adaptado)

Legenda: 1) Concreto 2) Telas eletrossoldadas de aço

5.2.8 ***Detalhamento das paredes externas do sistema de paredes de concreto pré-moldadas***

A figura 18 ilustra as paredes externas do sistema construtivo em paredes de concreto pré-moldadas e seus respectivos componentes.

Figura 18: Composição das paredes externas do sistema de paredes de concreto pré-moldada



Fonte: NBR 16055 (2012) (Adaptado)

Legenda: 1) Concreto ou microconcreto 2) EPS (opcional) 3) Telas eletrossoldadas de aço.

5.3 Especificações dos parâmetros necessários

Nesta sessão foram especificados todos os parâmetros necessários para a avaliação da eficiência acústica das paredes em estudo da edificação, para os sistemas construtivos em Light Steel Framing (LSF), Paredes de Concreto moldadas in loco (CONCIN), e Paredes de Concreto pré-moldadas (CONCPRE).

5.3.1 *Parâmetros relacionados à diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$*

Baseado na NBR 15.575:2013, foram adotados os parâmetros de nível de desempenho para $D_{2m,nT,w}$ (desempenho da diferença padronizada de nível ponderada, a 2 m da vedação externa), para ensaio de campo (QUADRO 5).

Quadro 5: Valores de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa

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.	≥ 20	M
		≥ 25	I
		≥ 30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III.	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S

Fonte: NBR 15575-4 (2013).

Níveis de desempenho:

M (atende em nível de desempenho mínimo)

I (atende em nível de desempenho intermediário)

S (atende em nível de desempenho superior).

5.3.2 *Parâmetros relacionados à diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$*

Com base na NBR 15.575:2013, foram adotados os parâmetros de nível de desempenho para $D_{nT,w}$ (desempenho da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes), para ensaio de campo (QUADRO 6).

Quadro 6: Valores de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, entre ambientes.

Elementos	$D_{nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥ 40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S

Fonte: NBR 15575-4 (2013).

Níveis de desempenho:

M (atende em nível de desempenho mínimo)

I (atende em nível de desempenho intermediário)

S (atende em nível de desempenho superior).

5.3.3 Determinação das características da edificação

As características gerais da edificação, conforme especificações da CEF, estão apresentadas no quadro 7 para todas as situações estudadas, porém, não são condicionantes para o desenvolvimento das avaliações.

Quadro 7: Especificações da edificação conforme Caixa Econômica Federal

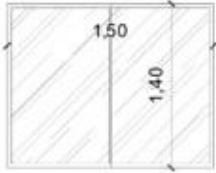
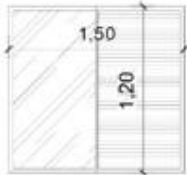
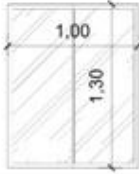


Item	Situação 1: LSF	Situação 2: CONCIN	Situação 3: CONCPRE
Revestimento fachadas (cor da tinta)	Cinza	Cinza	Cinza
Revestimento paredes internas (cor da tinta)	Branca	Branca	Branca
Revestimento teto (cor da tinta)	Branca	Branca	Branca
Pé direito dos ambientes	2,65m	2,65m	2,65m
Sistema para o uso racional da água?	Não	Não	Não
Possui condicionamento artificial de ar?	Não	Não	Não
Porcentagem das fontes de iluminação artificial com selo Procel	100%	100%	100%
Os ambientes possuem ventiladores de teto?	Não	Não	Não
Possui refrigeradores com selo Procel?	Não	Não	Não
Possui medição individualizada de água?	Não	Não	Não
Possui dispositivos especiais?	Não	Não	Não
As tubulações de água quente atendem às normas técnicas?	Sim	Sim	Sim
Apresenta sistema de aquecimento de água?	Sim	Sim	Sim
Apresenta sistema de aquecimento solar?	Não	Não	Não
Apresenta sistema de aquecimento à gás?	Não	Não	Não
Possui bombas de calor?	Não	Não	Não

Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

5.3.3.1 Determinação das áreas de abertura

As aberturas possuem dimensões e tipologias variáveis e foram calculadas através da área total dos vãos as áreas de abertura, (QUADRO 8).

Quadro 8: Determinação das áreas de abertura

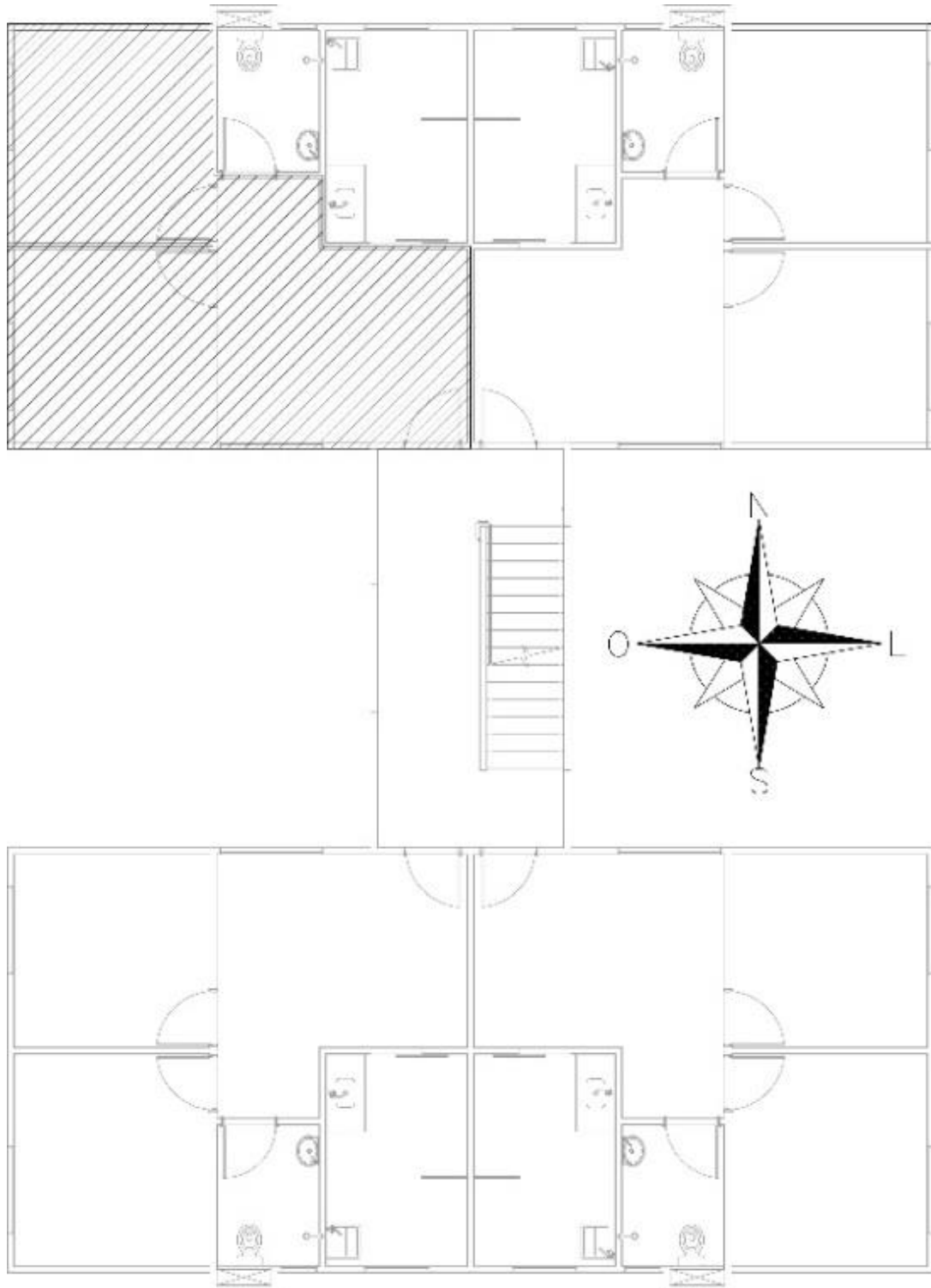
Determinação das áreas de abertura					
Código	Representação	Tipo	Dimensões		Área de abertura (m ²)
			Largura (m)	Altura (m)	
J01		2 folhas de correr	1,50	1,40	2,10
J02		2 folhas de correr	1,50	1,20	1,80
J03		2 folhas de correr	1,00	1,30	1,30
J04		Basculante	0,60	1,20	0,72
J05		Basculante	0,80	0,80	0,64

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

5.3.3.2 Determinação da área das paredes externas dos ambientes da unidade habitacional

Nesta etapa foram calculadas as áreas das paredes externas dos ambientes da unidade habitacional. Para isto foram calculadas as áreas totais das paredes e as suas respectivas áreas líquidas (área total, descontando-se a área dos vãos de abertura). A Figura 19 representa a unidade habitacional de número 101 e o quadro 9 apresenta as áreas das paredes externas da unidade habitacional de número 101.

Figura 19: Unidade 101, objeto do estudo



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Quadro 9: Determinação da área das paredes externas da UH de número 101

UH	Ambiente	Identificação	Elevação	Área total da parede (m ²)	Área de abertura (m ²)	Área da parede (m ²)
101	QUARTO 1	P01-LSF P01-CONCIN P01-CONCPRE		7,99	-	7,99
		P02-LSF P02-CONCIN P02-CONCPRE		8,7	1,80	6,90
	QUARTO 2	P03-LSF P03-CONCIN P03-CONCPRE		7,92	1,80	6,12
		P04-LSF P04-CONCIN P04-CONCPRE		7,99	-	7,99
	SALA 1	P05-LSF P05-CONCIN P05-CONCPRE		6,35	2,10	4,25


Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Legenda:  área de parede

5.3.3.3 Determinação da área das paredes internas dos ambientes da unidade habitacional

Nesta etapa foram calculadas as áreas das paredes internas dos ambientes da unidade habitacional (QUADRO 10).

Quadro 10: Determinação da área das paredes internas da UH de número 101

UH	Ambiente	Identificação	Elevação	Área total da parede (m ²)	Área de abertura (m ²)	Área da parede (m ²)
101	QUARTOS 1 e 2	P07-LSF P07-CONCIN P07-CONCPRE		7,99	-	7,99
	SALA 1	P06-LSF P06-CONCIN P06-CONCPRE		7,86	-	7,86

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Legenda:  área de parede

5.4 Escolha e identificação das localizações

Para determinar quais são os materiais mais apropriados para manter uma situação de conforto em um edifício, é necessário avaliar o local de implantação, levantar uma série de variáveis do entorno, tais como: fontes de ruído, direção predominante do vento, sombreamento e vegetação existentes, entre outras que podem influenciar nesse conforto e suas condições bioclimáticas (CORBELLA; YANNAS, 2003).

Para o desenvolvimento do trabalho foram escolhidas três regiões na cidade de Belo Horizonte, utilizando-se tabela em Excel disponibilizado no site da Caixa Econômica Federal que relaciona edificações MCMV em andamento no Brasil na data de 31-03-2018. Utilizou-se um filtro na tabela selecionando apenas edificações na cidade de Belo Horizonte e com base no nome de cada empreendimento foi realizada busca em mapas disponibilizados pelo Google Maps para identificar o logradouro da edificação e assim ter acesso aos valores de ruído de fundo em cada um dos logradouros disponibilizados e cedidos à Prefeitura de Belo Horizonte pela AFSIC. Tomou-se cuidado de verificar as zonas de adensamento em cada um dos empreendimentos considerando que aprovações de projetos futuros dessa natureza poderão ocorrer nas mesmas zonas de adensamento se forem respeitadas as diretrizes da Lei de Uso e Ocupação do Solo na cidade de Belo Horizonte.

Os empreendimentos escolhidos não foram avaliados nesta pesquisa. A escolha destes empreendimentos serviu apenas para determinar as zonas de adensamento e ruídos de fundo em razão de seus endereços. A análise foi realizada no projeto padrão MCMV já apresentado anteriormente e também disponibilizado pela CEF onde foram utilizados e comparados os sistemas construtivos LSF, CONCIN e CONCPRE para verificar o nível de eficiência acústica em cada um deles e verificar sua observância segunda NBR 15575 (ABNT – 2013).

Empreendimento 1 – Condomínio Amazonas – Rua Amilcar Cabral, 280, Milionários, regional Barreiro – ZAP (Zona de Adensamento Preferencial)

Empreendimento 2 – Residencial Pinheiros – Rua Paulo Kruger Mourão, 230, Jardim Guanabara, regional Norte – ZAR (Zona de Adensamento Restrito)

Empreendimento 3 – Condomínio Residencial Oliveira – Rua dos Borges, 1209, Jardim Vitória, regional Nordeste – ZAR (Zona de Adensamento Restrito) em AEIS-1 (Área de Especial Interesse Social)

Na planilha disponibilizada pela Caixa Econômica Federal não consta os endereços das edificações, por isso foi necessária uma busca pelo nome do empreendimento. O Quadro 11 mostra o documento disponibilizado pela CEF bem como os empreendimentos selecionados para a pesquisa.

Quadro 11: Planilha de empreendimentos faixa 1 MCMV

1	EMPREENDIMENTOS FAIXA 1 MCMV - 31/03/2018									
2	Município	APF	Nome Empreendimento	Qde Unidades	Valor Empreendimento	Data Contratação	Nome Construtora	CNPJ Construtora	Modalidade	Faixa
2650	BELO HORIZONTE	38470182	CONDOMINIO AMAZONAS	220	14.300.000	28/12/2012	SECOL	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2651	BELO HORIZONTE	38319972	CONDOMINIO COQUEIROS I	120	7.419.147	19/10/2012	SECOL	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2652	BELO HORIZONTE	38320115	CONDOMINIO COQUEIROS I	30	1.950.000	24/01/2013	SECOL	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2653	BELO HORIZONTE	40925200	CONDOMINIO MANAUS	180	11.700.000	30/06/2014	SECOL	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2654	BELO HORIZONTE	36514001	RESIDENCIAL AGUA MARINH	340	19.380.000	30/04/2012	EMCCAMP	19403252000190	FAR Empresas	Faixa 1
2655	BELO HORIZONTE	40365548	RESIDENCIAL COLIBRIS 1	28	1.820.000	18/09/2013	J M GOMES LTDA	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2656	BELO HORIZONTE	40365433	RESIDENCIAL COLIBRIS 2	30	1.950.000	18/09/2013	J M GOMES LTDA	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2657	BELO HORIZONTE	34123530	RESIDENCIAL ESPLENDIDO C	300	14.006.049	25/10/2010	EMCCAMP	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2658	BELO HORIZONTE	34088369	RESIDENCIAL FIGUEIRA CD 2	350	16.338.630	25/10/2010	EMCCAMP	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2659	BELO HORIZONTE	36514667	RESIDENCIAL GRANADA	440	25.080.000	30/04/2012	EMCCAMP	19403252000190	FAR Empresas	Faixa 1
2660	BELO HORIZONTE	36514999	RESIDENCIAL HEMATITA	410	23.370.000	30/04/2012	EMCCAMP	19403252000190	FAR Empresas	Faixa 1
2661	BELO HORIZONTE	34094059	RESIDENCIAL HIBISCO CD I	390	18.202.801	25/10/2010	EMCCAMP	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2662	BELO HORIZONTE	36919216	RESIDENCIAL JAQUELINE	135	7.290.000	30/04/2012	MARKA	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2663	BELO HORIZONTE	38319868	RESIDENCIAL ORGULHO DE I	240	14.880.000	28/02/2013	DIRECIONAL ENG.	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2664	BELO HORIZONTE	39696867	RESIDENCIAL PARQUE DO JA	76	4.940.000	13/12/2013	CONST. QBHZ	9170626000110	FAR Empresas	Faixa 1
2665	BELO HORIZONTE	38403628	RESIDENCIAL PARQUE DOS I	80	5.200.000	25/10/2012	CONST. QBHZ	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2666	BELO HORIZONTE	40698720	RESIDENCIAL PINHEIROS	300	19.500.000	28/06/2013	MELLO AZEVEDO	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2667	BELO HORIZONTE	34123080	RESIDENCIAL RECANTO DO I	140	6.534.371	25/10/2010	EMCCAMP	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2668	BELO HORIZONTE	34123759	RESIDENCIAL RECANTO DOS	290	13.538.820	25/10/2010	EMCCAMP	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1
2669	BELO HORIZONTE	42556852	SERRAS DE MINAS COND I E	580	36.436.000	10/12/2013	DIRECIONAL ENG.	18715383000140	FAR Empresas	Faixa 1

Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Através de pesquisas realizadas no Google Maps foi possível identificar os endereços de todos os empreendimentos 1, 2, e 3 bem como as devidas confirmações no site da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). A figura 20 identifica o Empreendimento 1 e seu logradouro.

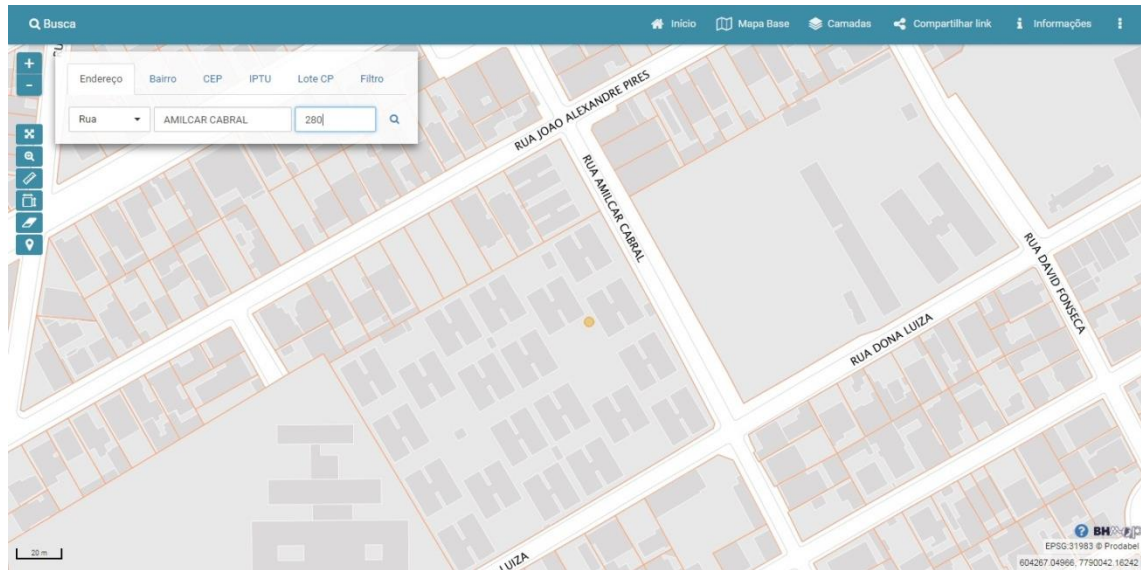
Figura 20: Identificação do Empreendimento 1 em mapa via satélite



Fonte: Google Maps (2019) (Adaptado)

Uma fonte oficial é necessária para confirmar o endereço previamente identificado. A figura 21 confirma o endereço do empreendimento 1 em fonte disponibilizada pela PBH.

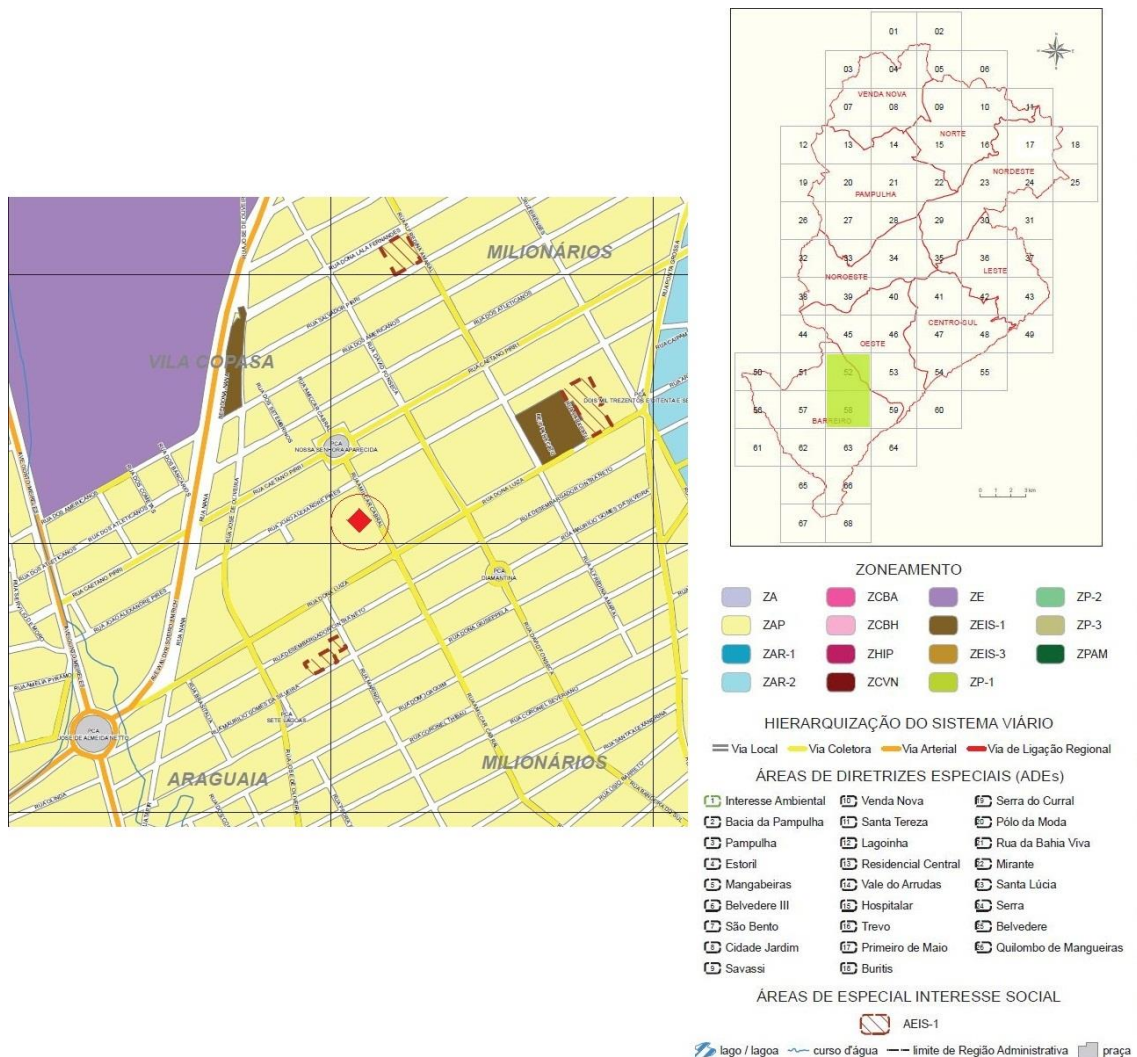
Figura 21: Identificação do empreendimento 1 em site oficial da PBH



Fonte: bhmap (2019) (Adaptado)

Através da Lei de Uso e Ocupação do Solo da PBH foi possível identificar o enquadramento ao zoneamento. O Empreendimento 1 está localizado em uma ZAP (Zona de Adensamento Preferencial), regiões passíveis de adensamento em decorrência de condições favoráveis de infraestrutura e de topografia. A figura 22 situa o empreendimento 1 e sua classificação no zoneamento de Belo Horizonte.

Figura 22: Identificação do zoneamento do empreendimento 1 de acordo com o Plano Diretor em vigor na PBH



Fonte: PBH (2019) (Adaptado)

Em centros urbanos, existe o que se denomina ruído de fundo, produzido por fontes diversas: tráfego de veículos, indústrias, trem, metrô, aeronaves, etc. O nível de ruído de fundo em um determinado local está intimamente relacionado uso e ocupação do solo.

Uma preocupação importante nesta pesquisa foi a verificação do ruído de fundo nos logradouros que abrangem os perímetros de cada empreendimento, e compará-los com os impactos provocados pelas intervenções propostas, já que o ruído de fundo é o ruído ambiental gerado por outras fontes que não a de objeto de estudo e que pode ser determinante para escolha de implementação de empreendimento. Os níveis

de ruído permitidos para diversos tipos de ocupação do solo, em dB(A), são definidos conforme especificado na norma NBR 10.151:2000, conforme quadro 12.

Quadro 12: Níveis de Ruído permitidos de acordo com o uso do solo

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Área de sítios e fazendas	40	35
Vizinhança de hospitais (200m além divisa)	45	40
Área estritamente residencial urbana	50	45
Área mista, predominantemente residencial, sem corredores de trânsito	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa, sem corredores de trânsito	60	55
Área mista, com vocação recreacional, sem corredores de trânsito	65	55
Área mista até 40 m ao longo das laterais de um corredor de trânsito	70	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: NBR 10.151:2000

A Lei nº 9.505 de 23 de janeiro de 2008 dispõe sobre o controle de ruídos, sons e vibrações em Belo Horizonte. Os limites de emissão de ruídos são:

- Em período diurno (07h01 às 19h): 70 decibéis
- Em período vespertino (19h01 às 22h): 60 decibéis
- Em período noturno, entre 22h01 e 23h59: 50 decibéis e entre 0h e 7h: 45 decibéis.

A pesquisa do ruído de fundo teve como objetivo verificar se os endereços dos empreendimentos estão dentro dos limites estabelecidos pela lei municipal em vigor. A figura 23 identifica em 51,64 dB, 53,35 dB, 50,87 dB, e 46,19 dB os níveis de ruído de fundo diurno, vespertino, noturno1, e noturno2 respectivamente para o logradouro do empreendimento 1.

Figura 23: Identificação do ruído de fundo para o empreendimento 1

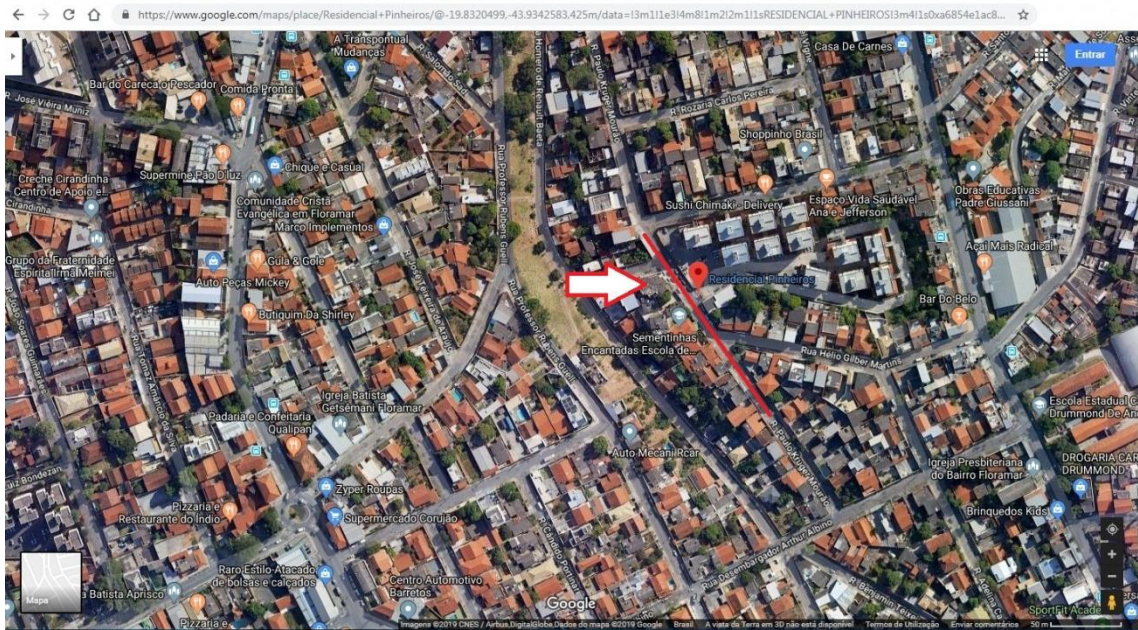
The screenshot shows a web interface for 'MNPS GENERATOR 1.0' with a search bar containing 'Amilcar Cabral' and '280'. Below the search bar is a table with the following data:

Logradouro	Bairro	Regional	Numero	Leste	Norte	Diurno	Vespertino	Noturno1	Noturno2
AMILCAR CABRAL	MILIONÁRIOS	BARREIRO	280	604257.9166834	7790028.0023069	51.6415771735	53.3490302908	50.867215768	46.1886711536

Fonte: AFISBH (2019) (Adaptado)

Identificação do empreendimento 2 e seu logradouro, conforme figura 24

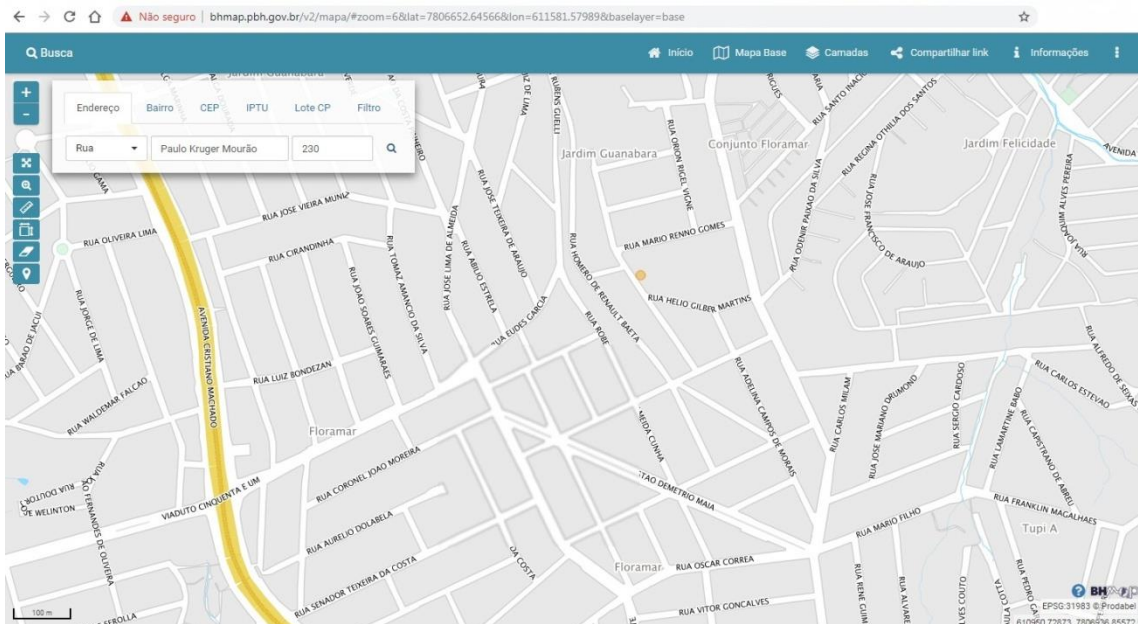
Figura 24: Identificação do empreendimento 2 em mapa via satélite



Fonte: Google Maps (2019) (Adaptado).

Confirmação do endereço do empreendimento 2 em fonte disponibilizada pela PBH, conforme figura 25.

Figura 25: Identificação do empreendimento 2 em site oficial da PBH



Fonte: bhmap (2019) (Adaptado)

Identificação em 52,93 dB, 52,38 dB, 47,98 dB, e 47,20 dB dos níveis de ruído de fundo diurno, vespertino, noturno1, e noturno2 respectivamente para o logradouro do empreendimento 2, conforme figura 26.

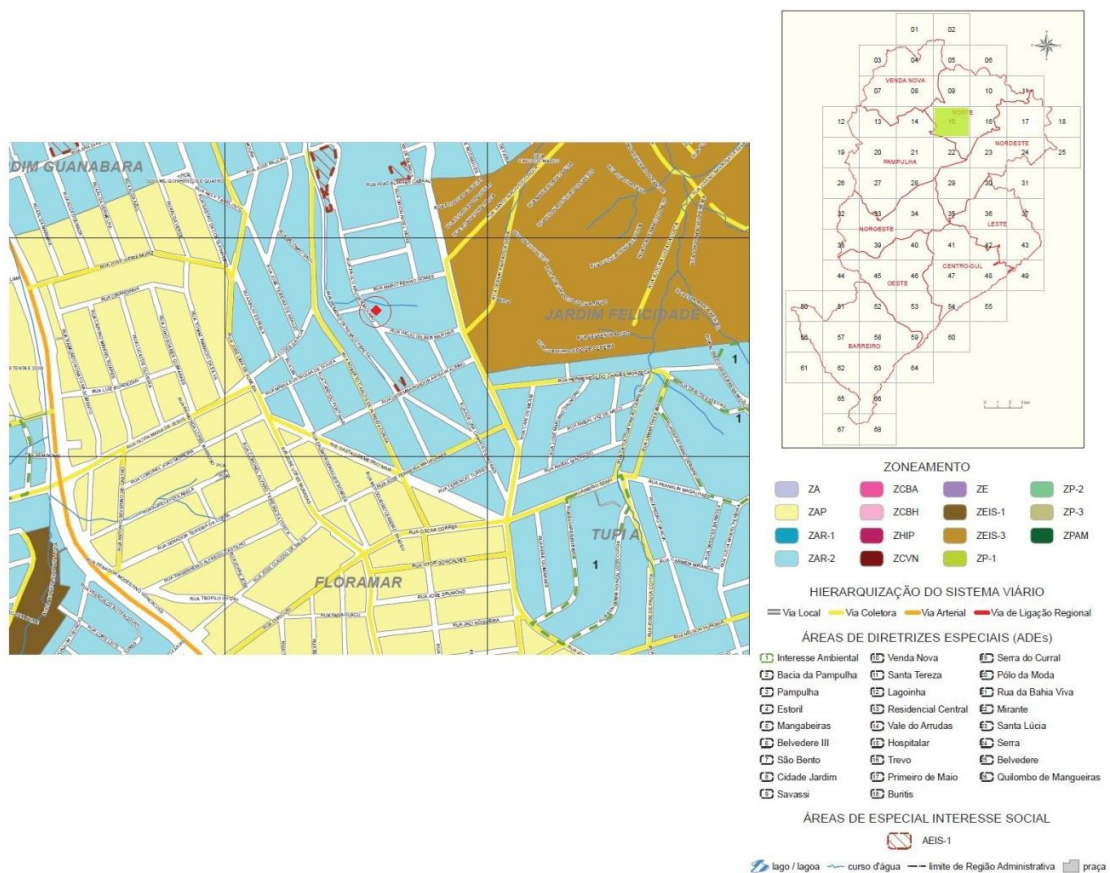
Figura 26: Identificação do ruído de fundo para o empreendimento 2

Logradouro	Bairro	Regional	Numero	Leste	Norte	Diurno	Vespertino	Noturno1	Noturno2
PAULO KRUGER MOURAO	JARDIM GUANABARA	NORTE	230	611743.67812164	7806832.671693	51.8773218089	50.0046837676	50.6042481205	46.7085954188

Fonte: AFISBH (2019) (Adaptado)

Situação do empreendimento 2 e sua classificação no zoneamento de Belo Horizonte, conforme figura 27.

Figura 27: Identificação do zoneamento do empreendimento 2 de acordo com o Plano Diretor em vigor na PBH

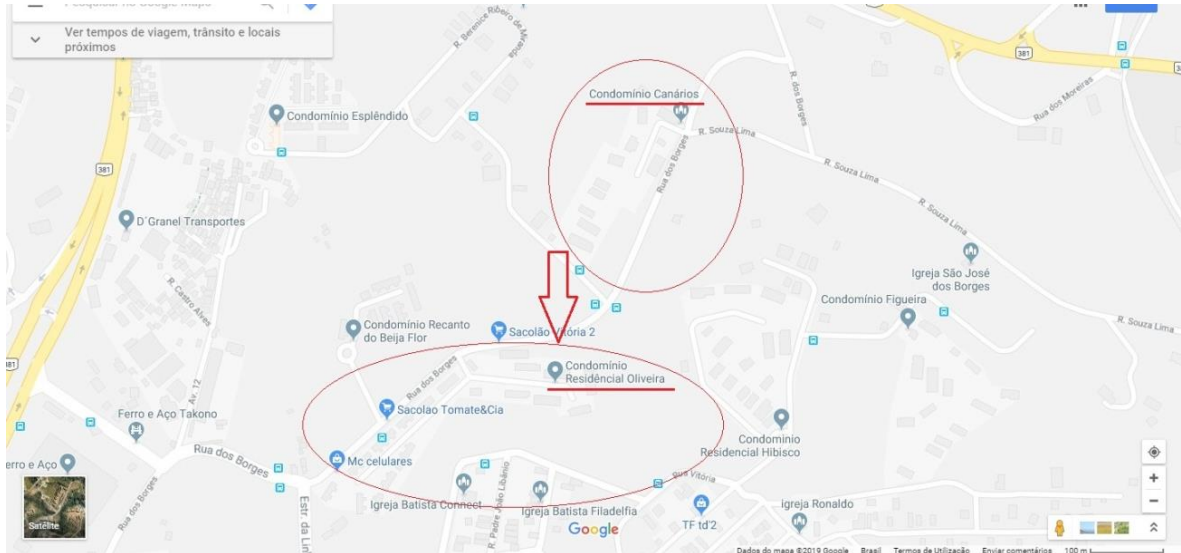


Fonte: PBH (2019) (Adaptado)

Para o empreendimento 3 escolhido na tabela da CEF foi realizada uma mudança de empreendimento em razão da falta de dados de ruído de fundo na numeração do empreendimento marcado com a cor laranja na figura XX. O novo

empreendimento está localizado na mesma rua e possui apenas numeração diferenciada do indicado no quadro 11. A seta mostra a substituição do empreendimento 3, conforme figura 28.

Figura 28: Identificação do ruído de fundo para o empreendimento 3



Fonte: AFISBH (2019) (Adaptado)

Identificação do empreendimento 3 e seu logradouro, conforme figura 29.

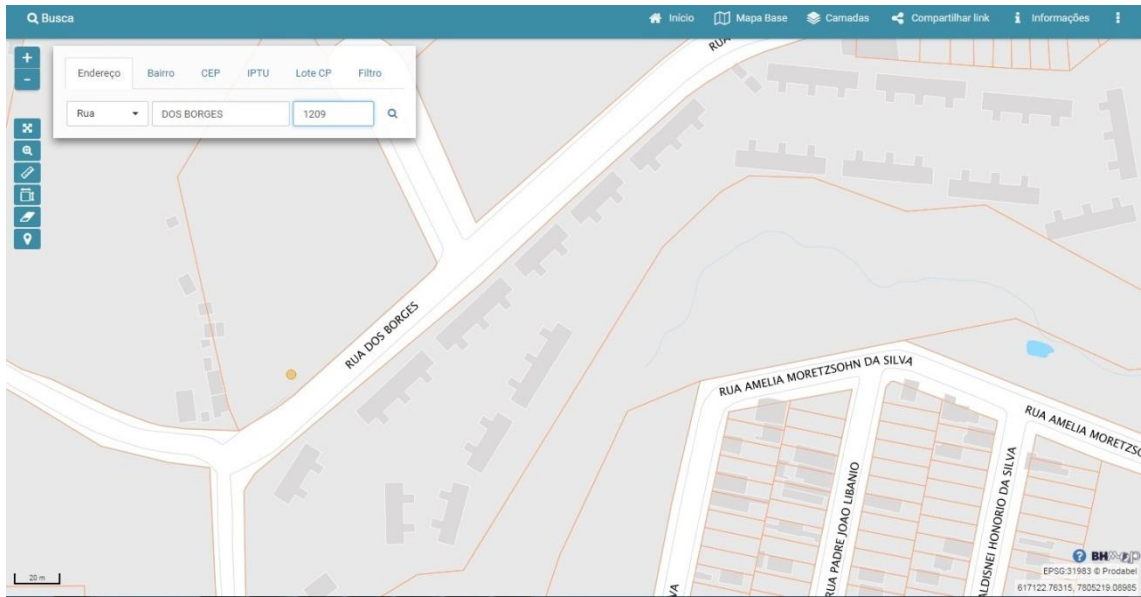
Figura 29: Identificação do empreendimento 3 em mapa via satélite



Fonte: Google Maps (2019) (Adaptado)

Confirmação do endereço do empreendimento 2 em fonte disponibilizada pela PBH, conforme figura 30.

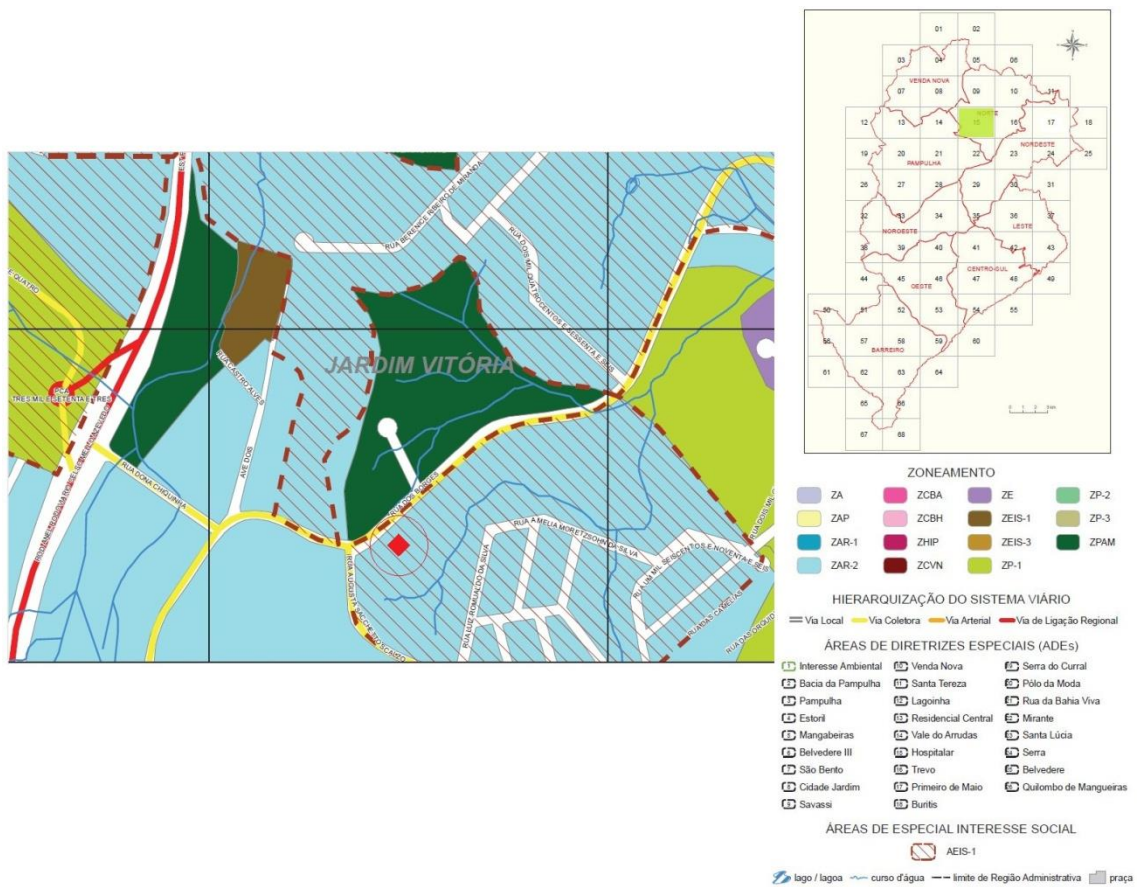
Figura 30: Identificação do empreendimento 3 em site oficial da PBH



Fonte: bhmap (2019) (Adaptado)

Situação do empreendimento 3 e sua classificação no zoneamento de Belo Horizonte, conforme figura 31.

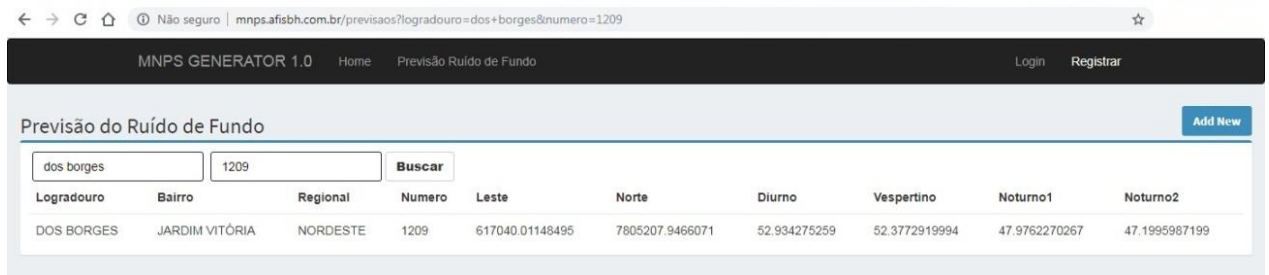
Figura 31: Identificação do zoneamento do empreendimento 3 de acordo com o Plano Diretor em vigor na PBH



Fonte: PBH (2019) (Adaptado)

Identificação em 51,88 dB, 50,00 dB, 50,60 dB, e 46,71 dB dos níveis de ruído de fundo diurno, vespertino, noturno1, e noturno2 respectivamente para o logradouro do empreendimento 3, conforme figura 32.

Figura 32: Identificação do ruído de fundo para o empreendimento 3



Fonte: AFISBH (2019) (Adaptado)

5.4.1 *Caracterização do mapa de ruído nas zonas selecionadas*

A caracterização do ruído de fundo das zonas selecionadas para a análise proposta neste trabalho se fez importante uma vez que serviu como parâmetro das condições de ruído locais, possibilitando o entendimento das estratégias disponíveis para colaborar ou não para a melhoria do desempenho acústico dos edifícios.

Para desenvolvimento do trabalho foram selecionadas três zonas de adensamento na cidade de Belo Horizonte, a escolha dessas zonas teve como objetivo a verificação do ruído de fundo existente nessas regiões distas. As zonas selecionadas foram regional Barreiro (ZAP), regional Norte (ZAR) e regional Nordeste (ZAR/AEIS-1).

De acordo com os limites permitidos pela Prefeitura de Belo Horizonte através da Lei 9.505/2008, foram dotados os valores de referência para verificação das regiões escolhidas como mostrado no quadro 13.

Quadro 13: Determinação dos limites de ruído

Fonte		Diurno	Vespertino	Noturno 1	Noturno 2
Lei 9.505/2008 - PBH	Horários compreendidos	07h01 às 19h	19h01 às 22h	22h01 e 23h59	0h e 7h
	Ruído máximo permitido (dB)	70,00	60,00	50,00	45,00

Fonte: PBH (2008)

Como pode-se observar no quadro 14, os locais escolhidos nos zoneamentos ZAP (Empreendimento 1) e ZAR (Empreendimento 3) possuem ruído de fundo superiores ao limite estabelecido pela lei para o período “Noturno 1” que compreende 22h01 até 23h59, todos os demais períodos estão dentro dos limites estabelecidos na lei.

Quadro 14: Valores de ruído de fundo para as nas regiões pesquisadas de acordo com a Lei municipal

Horários compreendidos		07h01 às 19h	19h01 às 22h	22h01 e 23h59	0h e 7h
Regional	Zoneamento	Diurno	Vespertino	Noturno 1	Noturno 2
Barreiro	ZAP	51,64	53,35	50,87	46,19
Nordeste	ZAR/AEIS-1	52,93	52,38	47,98	47,20
Norte	ZAR	51,88	50,00	50,60	46,71

Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Legenda: dB ≤ dB limite por horário dB > dB limite por horário.

5.5 Apresentação do software Projetus

A empresa Multinova distribui o software Projetus no Brasil, e permitiu a utilização de uma versão demonstrativa para o desenvolvimento desta pesquisa, gentilmente forneceu acesso completo à plataforma, de forma ilimitada, como incentivo à pesquisa acadêmica, reconhecendo a importância e relevância do tema.

O software Projetus possibilita a verificação das características acústicas das edificações e a classificação acústica das unidades habitacionais. Através do Projetus é possível calcular:

- Índice de desempenho acústico de fachadas.
- Índice de desempenho acústico de paredes internas.
- Índice de desempenho acústico de piso ao ruído aéreo.
- Índice de desempenho acústico de piso ao ruído de impacto.
- Tempo de reverberação em ambientes.

É igualmente permitido verificar a capacidade de resposta dos requisitos acústicos passivos calculados com as prescrições previstas pela norma de desempenho ABNT NBR 15.575:2013, objeto desta pesquisa.

Apesar de sua interface ser “de fácil utilização”, o software não pode ser usado por qualquer pessoa. A utilização deste software demanda conhecimentos profissionais de Engenharia e Arquitetura. Considerando que o usuário pode utilizar tanto a base de dados do programa, quanto lançar sua própria informação de massa superficial, e neste caso nem o fabricante, assim como a Multinova (empresa que distribui o software no Brasil), não se responsabiliza pelo lançamento de dados técnicos incorretos ou em desacordo com as normas técnicas vigentes.

Para esta pesquisa será utilizada apenas a opção no menu da ferramenta de cálculos sobre simples elementos/ambientes. No entanto, a ferramenta também possui a opção de cálculos sobre a unidade habitacional. O manual de utilização da ferramenta está disponível no site <http://multinova.ind.br/imagens/download/manual-de-uso-projetus.pdf>

Serão avaliados na ferramenta o desempenho acústico de fachadas ($D_{2m,nT,w}$) e desempenho acústico de paredes internas ($D_{nT,w}$).

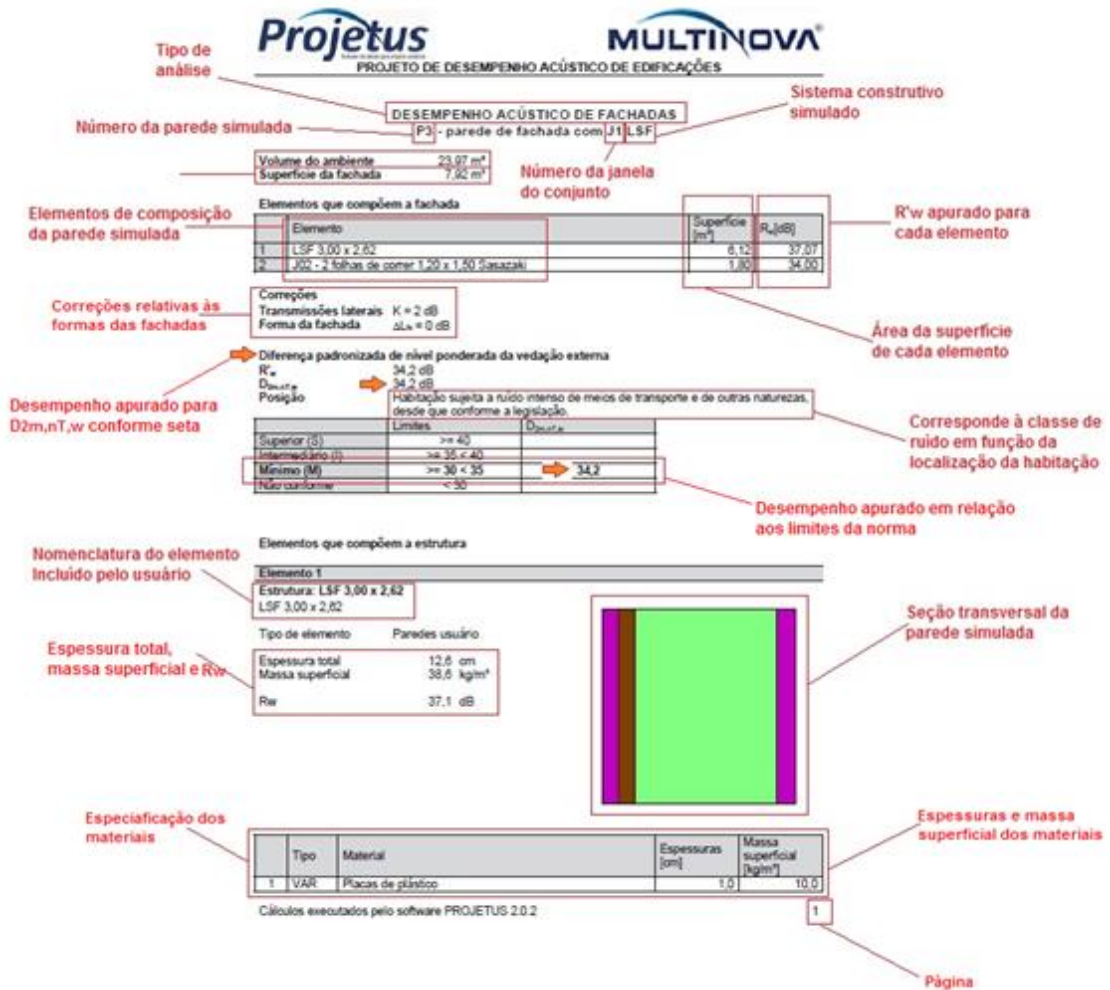
5.6 Simulações no software Projetus

A seguir, são apresentados os relatórios gerados pelo Projetus. Buscando uma apresentação mais sucinta dos resultados das simulações, nos APÊNDICES A a C são apresentados os relatórios de cálculos detalhados disponibilizado pelo software para cada simulação realizada em cada parede identificada na UH 101, nos três sistemas construtivos analisados e para cada classe de ruído.

Nos relatórios encontram-se todos os critérios e variáveis utilizados para a realização das simulações, além disso o relatório monta uma seção transversal da parede simulada para facilitar visualmente os materiais e componentes utilizados.

Nas imagens das figuras 33 e 34, foram selecionadas as informações de maior relevância informando sua função ou utilidade dentro do escopo do relatório.

Figura 33: Relatório de desempenho de simulações realizadas no Projetus



Fonte: Software Projetus (adaptado)

Figura 34: Relatório de desempenho de simulações realizadas no Projetus



Fonte: Software Projetus (adaptado)

6 RESULTADOS

A seguir, são apresentados os resultados das simulações de desempenho acústico de acordo com a metodologia adotada. Durante o desenvolvimento do trabalho foram confeccionadas planilhas para cálculos de cada uma das paredes de uma UH (unidade habitacional 101) e para cada sistema construtivo escolhido. Além das planilhas para realização das análises, o software utilizado – PROJETUS – disponibiliza ao final de cada simulação um relatório contendo os dados utilizados na simulação.

É também apresentada uma síntese esquemática dos resultados encontrados durante os testes. Para isso, os resultados de relevância foram selecionados e agrupados em tabelas, possibilitando uma comparação mais adequada deles. Os dados apresentados nestas tabelas se dividem da seguinte forma:

- Desempenho acústico apurado de todas as paredes objeto dessa pesquisa, onde os resultados são apresentados em decibéis (dB) para os desempenhos ($D_{2m,nT,w}$) SVVE e ($D_{nT,w}$) SVVI.
- Desempenho acústico apurado das paredes externas (fachada) e internas (divisa com dormitório e divisa não dormitório).
- Pré-requisitos para enquadramento por classe, referentes aos limites dos índices de ruído para sistema construtivo na Situação 1: LSF.
- Pré-requisitos para enquadramento por classe, referentes aos limites dos índices de ruído para sistema construtivo na Situação 2: CONCIN.
- Pré-requisitos para enquadramento por classe, referentes aos limites dos índices de ruído para sistema construtivo na Situação 3: CONCPRE.

6.1 Resultados de ($D_{2m,nT,w}$) e ($D_{nT,w}$) para os sistemas LSF, CONCIN e CONCPRE

O quadro 15 mostra os resultados obtidos de nível de desempenho ($D_{2m,nT,w}$) e ($D_{nT,w}$) de todas as paredes para SVVE e SVVI nos sistemas LSF, CONCIN e CONCPRE. Com base nesses resultados foi realizada análise de desempenho acústico

para as classes de ruído no SVVE e elementos no SVVI para os níveis de desempenho conforme NBR 15575-4 (2013).

Quadro 15: Resultados de desempenho acústico nos SVVE e SVVI

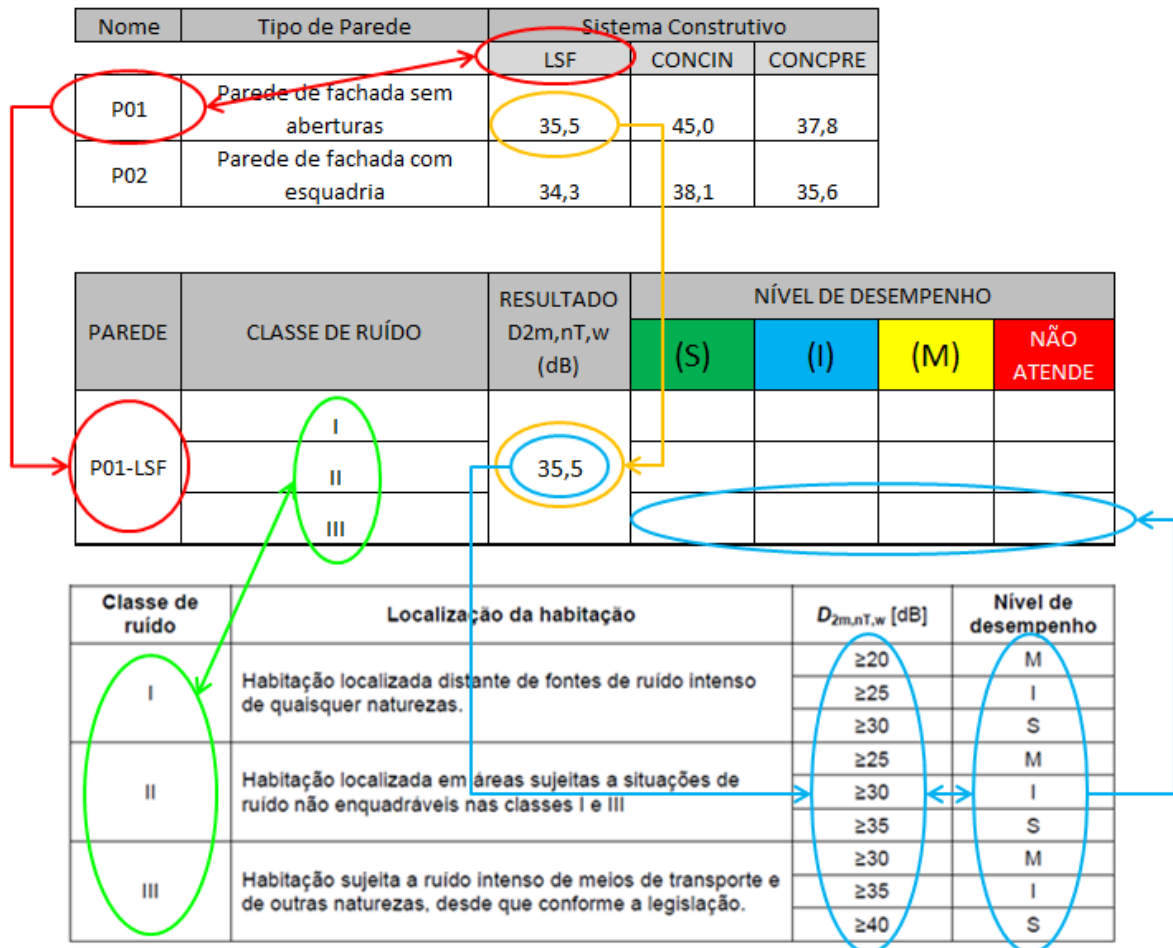
Nome	Tipo de Parede	Sistema Construtivo		
		LSF	CONCIN	CONCPRE
P01	Parede de fachada sem abertura	35,5	45,0	37,8
P02	Parede de fachada com esquadria	34,3	38,1	35,6
P03	Parede de fachada com esquadria	34,2	37,7	35,5
P04	Parede de fachada sem abertura	35,1	44,6	37,4
P05	Parede de fachada com esquadria	36,5	39,0	37,5
P06	Parede interna entre UH	37,6	46,7	40,0
P07 Q1	Parede interna entre dormitórios	28,3	45,1	38,8
P08 Q2	Parede interna entre dormitórios	27,9	44,7	38,4

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Para melhorar o entendimento quanto a metodologia utilizada para a confecção dos quadros utilizados nas análises, a figura 35 demonstra o esquema lógico que resultou um quadro completo que permitiu visualizar os resultados obtidos de nível de desempenho acústico por classe de ruído para SVVE ou elemento para SVVI para o resultado em (dB) para cada parede avaliada.

- os conectores vermelhos fazem a união da parede avaliada e o sistema construtivo, resultando uma nova nomenclatura.
- os conectores amarelos são valores de níveis de desempenhos acústicos obtidos em simulações no PROJÉTUS, e transferidos para o novo quadro.
- os conectores verdes são as classes de ruído existentes na tabela 17 (valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa de dormitório) da NBR 15575-4 (2013) e transferidos para o novo quadro.
- os conectores azuis fazem a comparação do resultado de nível de desempenho acústico obtido em simulação no PROJÉTIS de uma parede e compara com o nível de desempenho para cada uma das classes e marca com “X” onde se enquadra o resultado de acordo com a classe de ruído.

Figura 35: Esquema lógico que resultou no quadro completo que permitiu visualizar os resultados obtidos de nível de desempenho acústico por classe de ruído para SVVE ou elemento para SVVI para o resultado em (dB) para cada parede avaliada.



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

6.2 Resultados de ($D_{2m,nT,w}$) e ($D_{nT,w}$) para as classes de ruído nos SVVE e SVVI para a Situação 1: LSF

O quadro 16 classifica os resultados obtidos de nível de desempenho ($D_{2m,nT,w}$) das paredes do SVVE na Situação 1: LSF de acordo com a NBR 15575:2013.

Quadro 16: Classificação dos desempenhos acústicos ($D_{2m,nT,w}$) na Situação 1: LSF

Parede	Classe do ruído	Resultado $D_{2m,nT,w}$ (Db)	Desempenho (S)	Desempenho (I)	Desempenho (M)	Não atende
P01 - LSF	I	35,5	X			
	II		X			
	III			X		
P02 - LSF	I	34,3	X			
	II			X		
	III				X	
P03 - LSF	I	34,2	X			
	II			X		
	III				X	
P04 - LSF	I	35,1	X			
	II		X			
	III			X		
P05 - LSF	I	36,5	X			
	II		X			
	III			X		

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Legenda: ■ (dB) \geq (S) ■ (dB) \geq (I) < (S) ■ (dB) \geq (M) < (I) ■ (dB) < (M)

O quadro 17 classifica os resultados obtidos de nível de desempenho ($D_{nT,w}$) da paredes do SVVI, situação onde não há ambiente dormitório, na Situação 1: LSF de acordo com a NBR 15575:2013.

Quadro 17: Classificação do desempenho acústico ($D_{nT,w}$) na Situação 1: LSF

Parede	Elemento	Resultado $D_{2m,nT,w}$ (Db)	Desemp. (S)	Desemp. (I)	Desemp. (M)	Não atende
P06 - LSF	Parede entre UH autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	35,5				X

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Legenda: ■ (dB) \geq (S) ■ (dB) \geq (I) < (S) ■ (dB) \geq (M) < (I) ■ (dB) < (M)

O quadro 18 classifica os resultados obtidos de nível de desempenho ($D_{nT,w}$) da paredes do SVVI, situação onde pelo menos um ambiente seja dormitório, na Situação 1: LSF de acordo com a NBR 15575:2013.

Quadro 18: Classificação do desempenho acústico ($D_{nT,w}$) na Situação 1: LSF

Parede	Elemento	Resultado $D_{2m,nT,w}$ (Db)	Desemp. (S)	Desemp. (I)	Desemp. (M)	Não atende
P07 - LSF (Quarto 1)	Parede entre UH autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	28,3				X
P07 - LSF (Quarto 2)	Parede entre UH autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	27,9				X

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Legenda: (dB) \geq (S) (dB) \geq (I) < (S) (dB) \geq (M) < (I) (dB) < (M)

6.3 Resultados de ($D_{2m,nT,w}$) e ($D_{nT,w}$) para as classes de ruído nos SVVE e SVVI para a Situação 2: CONCIN

O quadro 19 classifica os resultados obtidos de nível de desempenho ($D_{2m,nT,w}$) das paredes do SVVE na Situação 2: CONCIN de acordo com a NBR 15575:2013.

Quadro 19: Classificação dos desempenhos acústicos ($D_{2m,nT,w}$) na Situação 2: CONCIN

Parede	Classe do ruído	Resultado $D_{2m,nT,w}$ (Db)	Desempenho (S)	Desempenho (I)	Desempenho (M)	Não atende
P01 - CONCIN	I	45,0	X			
	II		X			
	III		X			
P02 - CONCIN	I	38,1	X			
	II		X			
	III			X		
P03 - CONCIN	I	37,7	X			
	II		X			
	III			X		
P04 - CONCIN	I	44,6	X			
	II		X			
	III		X			
P05 - CONCIN	I	39,0	X			
	II		X			
	III			X		

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Legenda: (dB) \geq (S) (dB) \geq (I) < (S) (dB) \geq (M) < (I) (dB) < (M)

O quadro 20 classifica os resultados obtidos de nível de desempenho ($D_{nT,w}$) da paredes do SVVI, situação onde não há ambiente dormitório, na Situação 2: CONCIN de acordo com a NBR 15575:2013.

Quadro 20: Classificação do desempenho acústico ($D_{nT,w}$) na Situação 2: CONCIN

Parede	Elemento	Resultado $D_{2m,nT,w}$ (Db)	Desemp. (S)	Desemp. (I)	Desemp. (M)	Não atende
P06 - CONCIN	Parede entre UH autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	46,7		X		

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Legenda: ■ (dB) \geq (S) ■ (dB) \geq (I) < (S) ■ (dB) \geq (M) < (I) ■ (dB) < (M)

O quadro 21 classifica os resultados obtidos de nível de desempenho ($D_{nT,w}$) da paredes do SVVI, situação onde pelo menos um ambiente seja dormitório, na Situação 2: CONCIN de acordo com a NBR 15575:2013.

Quadro 21: Classificação do desempenho acústico ($D_{nT,w}$) na Situação 2: CONCIN

Parede	Elemento	Resultado $D_{2m,nT,w}$ (Db)	Desemp. (S)	Desemp. (I)	Desemp. (M)	Não atende
P07 - CONCIN (Quarto 1)	Parede entre UH autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	45,1			X	
P07 - CONCIN (Quarto 2)	Parede entre UH autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	44,7				X

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Legenda: ■ (dB) \geq (S) ■ (dB) \geq (I) < (S) ■ (dB) \geq (M) < (I) ■ (dB) < (M)

6.4 Resultados de ($D_{2m,nT,w}$) e ($D_{nT,w}$) para as classes de ruído nos SVVE e SVVI para a Situação 3: CONCPRE

O quadro 22 classifica os resultados obtidos de nível de desempenho ($D_{2m,nT,w}$) das paredes do SVVE na Situação 3: CONCPRE de acordo com a NBR 15575:2013.

Quadro 22: Classificação dos desempenhos acústicos ($D_{2m,nT,w}$) na Situação 3: CONCPRE

Parede	Classe do ruído	Resultado $D_{2m,nT,w}$ (Db)	Desempenho (S)	Desempenho (I)	Desempenho (M)	Não atende
P01 - CONCIN	I	45,0	X			
	II		X			
	III			X		
P02 – CONCIN	I	38,1	X			
	II		X			
	III			X		
P03 – CONCIN	I	37,7	X			
	II		X			
	III			X		
P04 – CONCIN	I	44,6	X			
	II		X			
	III			X		
P05 – CONCIN	I	39,0	X			
	II		X			
	III			X		

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Legenda: ■ (dB) \geq (S) ■ (dB) \geq (I) < (S) ■ (dB) \geq (M) < (I) ■ (dB) < (M)

O quadro 23 classifica os resultados obtidos de nível de desempenho ($D_{nT,w}$) da paredes do SVVI, situação onde não há ambiente dormitório, na Situação 3: CONCPRE de acordo com a NBR 15575:2013.

Quadro 23: Classificação do desempenho acústico ($D_{nT,w}$) na Situação 3: CONCPRE

Parede	Elemento	Resultado $D_{2m,nT,w}$ (Db)	Desemp. (S)	Desemp. (I)	Desemp. (M)	Não atende
P06 - CONCPRE	Parede entre UH autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40,0				X

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Legenda: ■ (dB) \geq (S) ■ (dB) \geq (I) < (S) ■ (dB) \geq (M) < (I) ■ (dB) < (M)

O quadro 24 classifica os resultados obtidos de nível de desempenho ($D_{nT,w}$) da paredes do SVVI, situação onde pelo menos um ambiente seja dormitório, na Situação 3: CONCPRE de acordo com a NBR 15575:2013.

Quadro 24: Classificação do desempenho acústico ($D_{nT,w}$) na Situação 2: CONCPRE

Parede	Elemento	Resultado $D_{2m,nT,w}$ (Db)	Desemp. (S)	Desemp. (I)	Desemp. (M)	Não atende
P07 - CONCPRE (Quarto 1)	Parede entre UH autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	38,8			X	X
P07 - CONCPRE (Quarto 2)	Parede entre UH autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	38,4				X

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Legenda: ■ (dB) ≥ (S) ■ (dB) ≥ (I) < (S) ■ (dB) ≥ (M) < (I) ■ (dB) < (M)

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos resultados encontrados durante as avaliações de eficiência acústica, foram desenvolvidas análises tendo como referência os valores de referência contidos na NBR 15575:2013, que estipulam níveis de desempenho em três classes de ruído para os SVVE, sendo que cada uma das classes possui três níveis que classificam o elemento avaliado em nível de desempenho mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). A NBR 15575:2013 também estipula níveis de desempenho de ruído para os SVVI para elementos diferentes, e para cada um dos elementos ela possui três níveis que também os classificam em nível de desempenho mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). Além do estipulado pela norma, também foram levados em consideração conhecimentos específicos relacionados as temáticas de eficiência e conforto acústico.

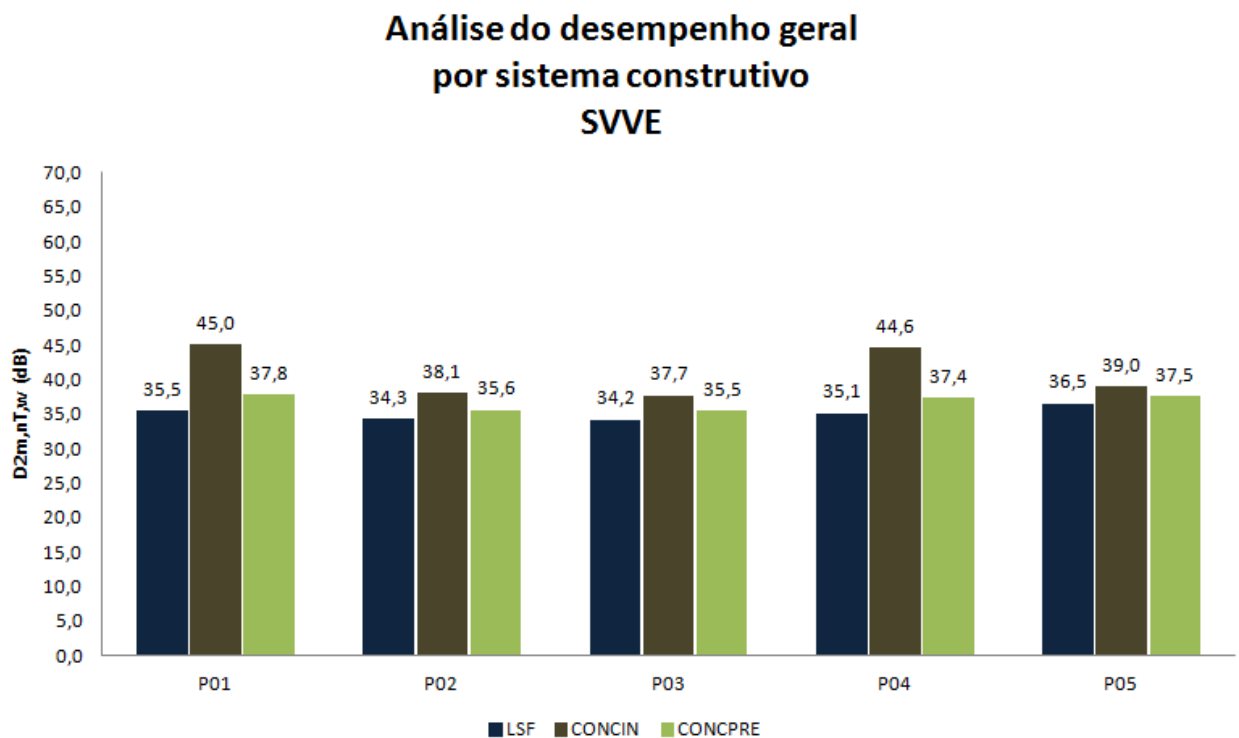
De acordo com as avaliações realizadas para o SVVE, os melhores resultados encontrados foram para o sistema construtivo de concreto moldado in loco (CONCIN). Os resultados apurados para o sistema construtivo de concreto pré-moldado (CONCPRE) apresentaram valores bem próximos aos apurados para CONCIN quando considerados apenas as classificações no $D_{2m,nT,w}$. Porém, se comparados os valores de cada um dos elementos analisados o resultado numérico da $D_{2m,nT,w}$ em decibéis (dB) aponta CONCIN como melhor sistema.

Analisando as avaliações realizadas para o SVVI, os melhores resultados encontrados também foram para o sistema construtivo de concreto moldado in loco (CONCIN). O sistema de vedação vertical interno apresentou resultados muito menos satisfatórios que os apurados para o sistema de vedação vertical externo, praticamente todos os sistemas ficaram abaixo das referências da NBR 15575:2013. Para os sistemas construtivos Light Steel Framing (LSF) e concreto pré-moldado (CONCPRE) todas as avaliações ficaram abaixo do mínimo exigido pela norma, sugerindo que paredes no SVVI constituídas com as mesmas especificações de materiais que as paredes do SVVE terão comportamentos diferentes em razão dos níveis exigidos pela norma em vigor.

7.1 Análise dos desempenhos sem considerar as classes de ruído

Sem levar em consideração as classes de ruído, são apresentados no gráfico 3 os resultados obtidos para cada parede de cada sistema construtivo no SVVE estudado nesse trabalho, onde observa-se comportamento superior de desempenho em todas as paredes para CONCIN.

Gráfico 3: Resultados de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) desconsiderando as classes de ruído

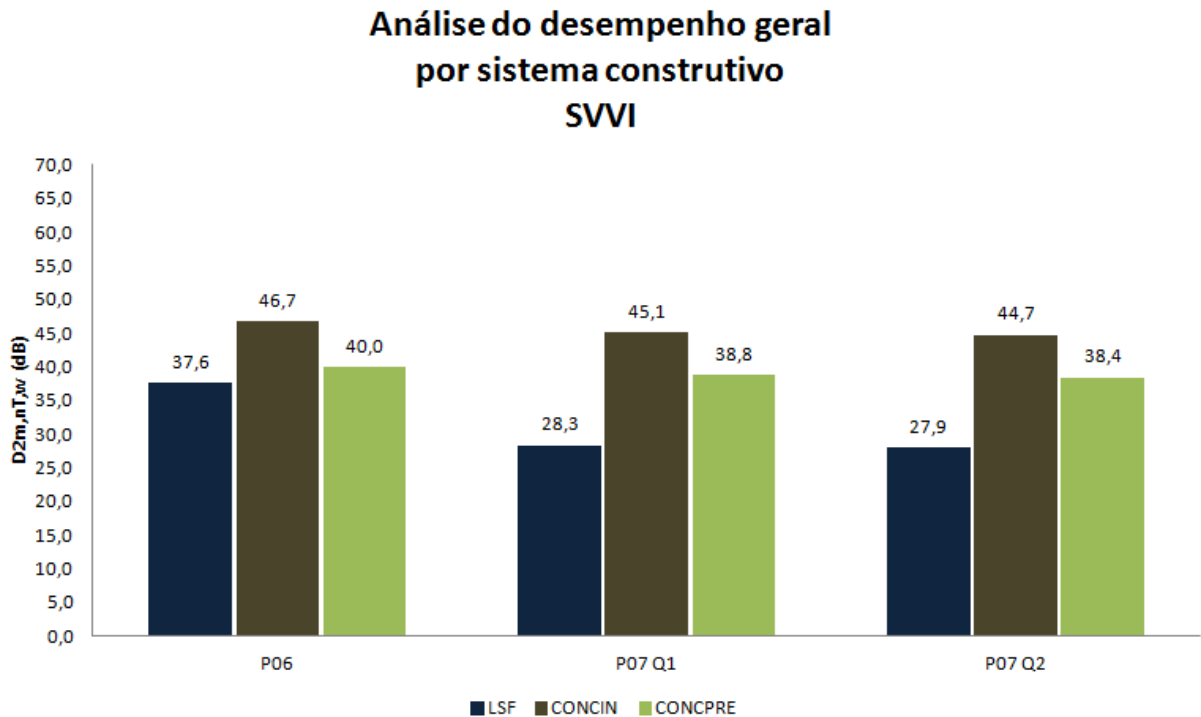


Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Sem levar em consideração as classes de ruído, são apresentados no gráfico 4 os resultados obtidos para cada parede de cada sistema construtivo no SVVI estudado nesse trabalho, onde observa-se novamente comportamento superior de desempenho em todas as paredes para CONCIN.

A abordagem dessa avaliação tem como objetivo mostrar os resultados obtidos considerando apenas os sistemas construtivos objeto desse estudo. Uma avaliação como essa pode subsidiar o arquiteto com informações para uma tomada de decisão rápida ou ainda despertar a necessidade de novas simulações alterando, por exemplo, os materiais que compõem a estrutura dessas paredes, como mostrado no gráfico 4.

Gráfico 4: Resultados de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) desconsiderando as classes de ruído



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

7.2 Análise dos níveis de desempenhos acústicos superior (S) para cada componente dos sistemas construtivos em relação às classes de ruído

A NBR 15575:2013 para o método de cálculo de campo indica três classes de desempenho ao ruído, I, II e III. Essas classes possuem relação com a localização da habitação, sendo que, classe I constituem habitações distantes de ruído intenso, classe II constituem habitações localizadas em áreas sujeitas ao ruído não enquadráveis nas classes I e III, e pôr fim a classe III para habitações sujeitas a ruído intenso. Para cada uma das classes há uma qualificação quanto ao desempenho aos parâmetros indicados na norma, superior (S), intermediários (I) e por fim os níveis mínimos (M) de desempenho acústico.

Na avaliação seguinte foram agrupadas todas as paredes do SVVE de todos os sistemas construtivos desse estudo que tiveram desempenho superior (S) no resultado da simulação considerando os parâmetros indicados na norma, e verificado o desempenho acústico segundo as classificações por localidade dessas habitações.

A análise gerou o gráfico que mostra que, para a condição de desempenho superior (S), todas as paredes do SVVE independente do sistema construtivo utilizado atenderam para as habitações localizadas na classe de ruído I, para a classe de ruído II o sistema LSF não atendeu nas condições em que a parede de fechamento possui esquadria, e por fim para a classe de ruído III, situação onde as habitações estão localizadas em locais de ruído intenso, apenas o sistema construtivo CONCIN atendeu na condição em que a parede da fachada não possui esquadria, conforme gráficos 5 e 6.

Gráfico 5: Resultados de nível de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) superior (S) comparado às classes de ruído no SVVE

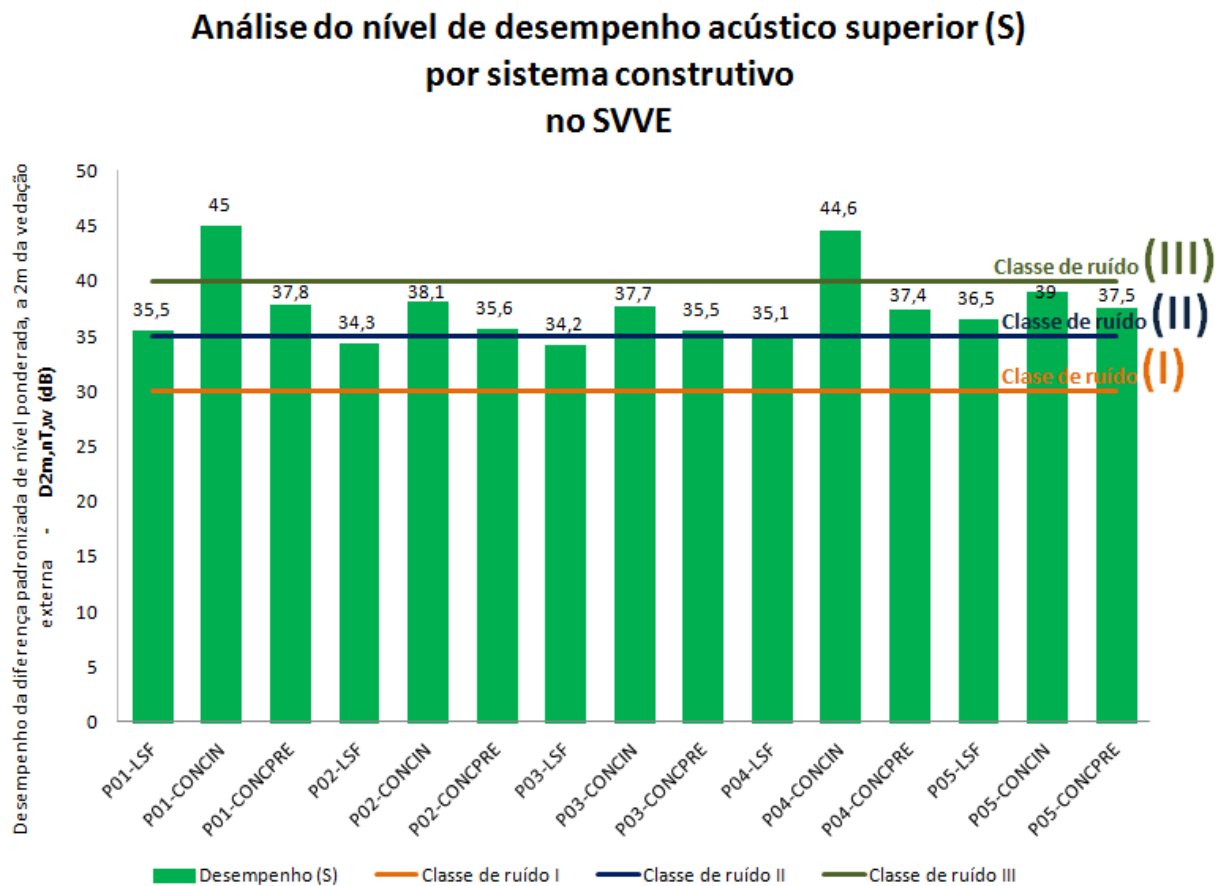
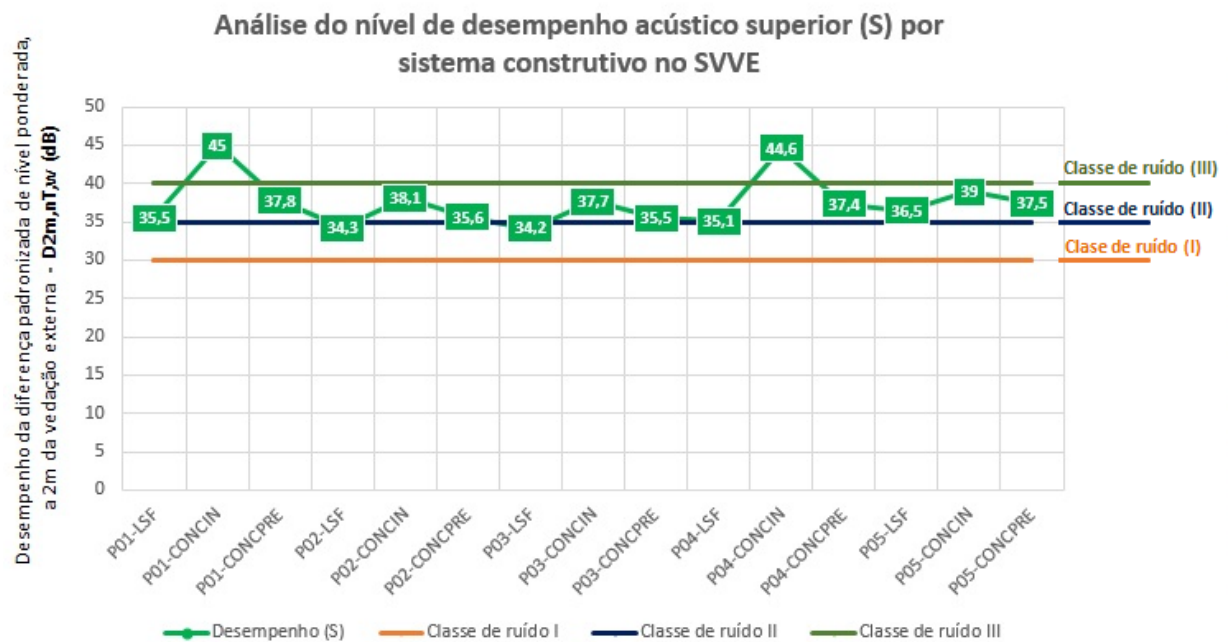


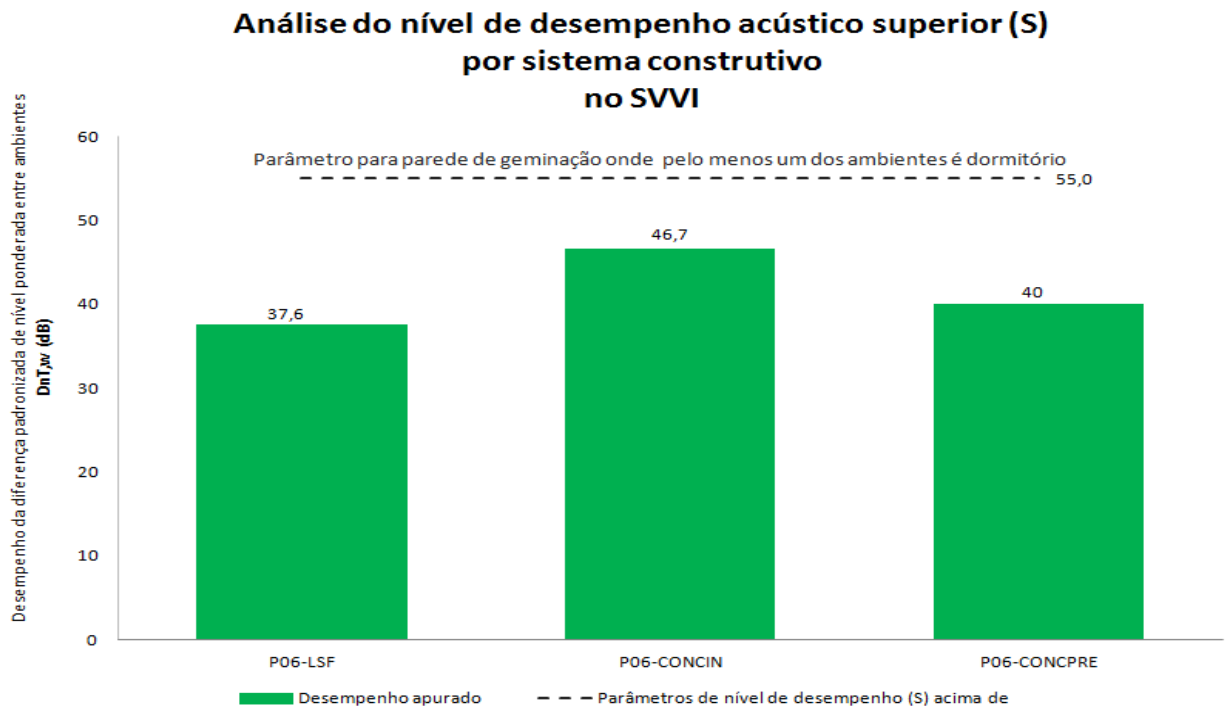
Gráfico 6: Resultados de nível de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) superior (S) comparado às classes de ruído no SVVE



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

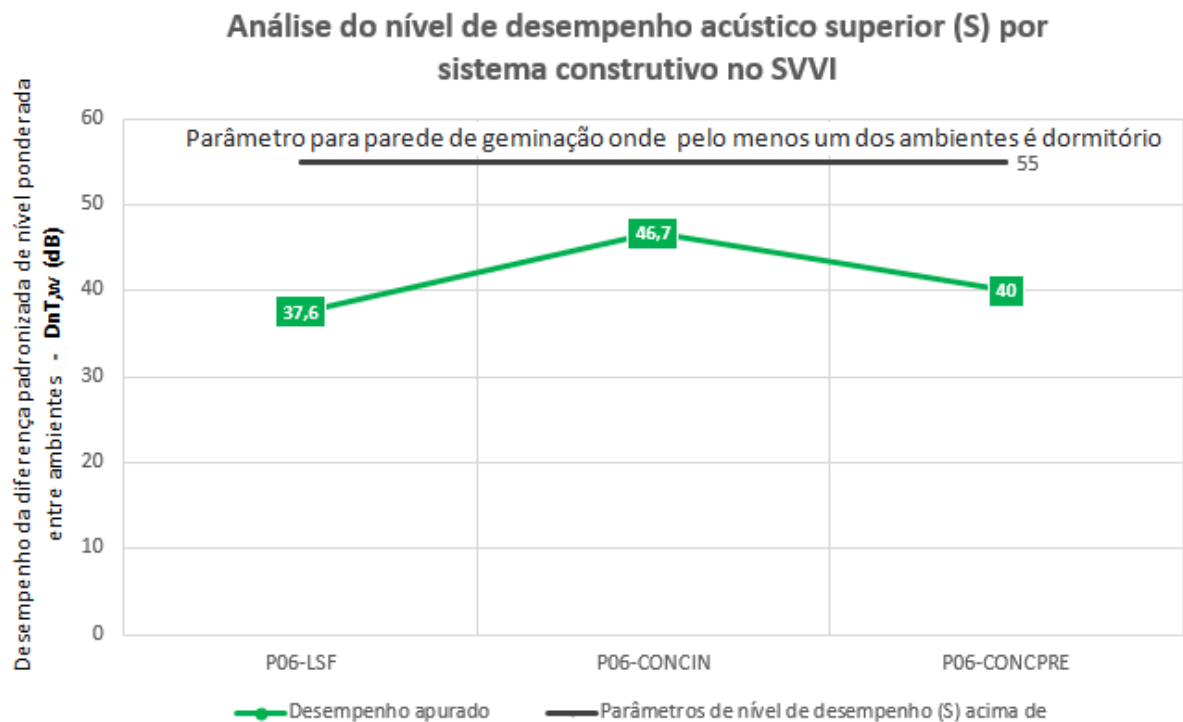
Para a parede do SVVI na situação onde não há ambiente dormitório, o mesmo critério foi utilizado na avaliação seguinte, onde se considerou todos os sistemas construtivos desse estudo que tiveram desempenho superior (S) no resultado da simulação considerando os parâmetros indicados na norma e verificado o desempenho acústico segundo as classificações por localidade dessas habitações. A análise gerou o gráfico 7 que mostra que, para a condição de desempenho superior (S), as paredes do SVVI tiveram comportamento bem diferente do SVVE, evidenciando que o sistema construtivo possui forte relação com o resultado do desempenho. Na classe de ruído I, situação para habitações localizadas em área distante de ruídos, o LSF não atendeu os requisitos mínimos exigidos na norma. Para a classe de ruído II o sistema CONCPRE atendeu no limite indicado pela norma. E para a classe de ruído III, situação onde as habitações estão localizadas em locais de ruído intenso, nenhuma das situações avaliadas atendeu em desempenho acústico de acordo com os requisitos exigidos na norma, conforme gráficos 7 e 8.

Gráfico 7: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) superior (S) comparado às classes de ruído no SVVI sem dormitório



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

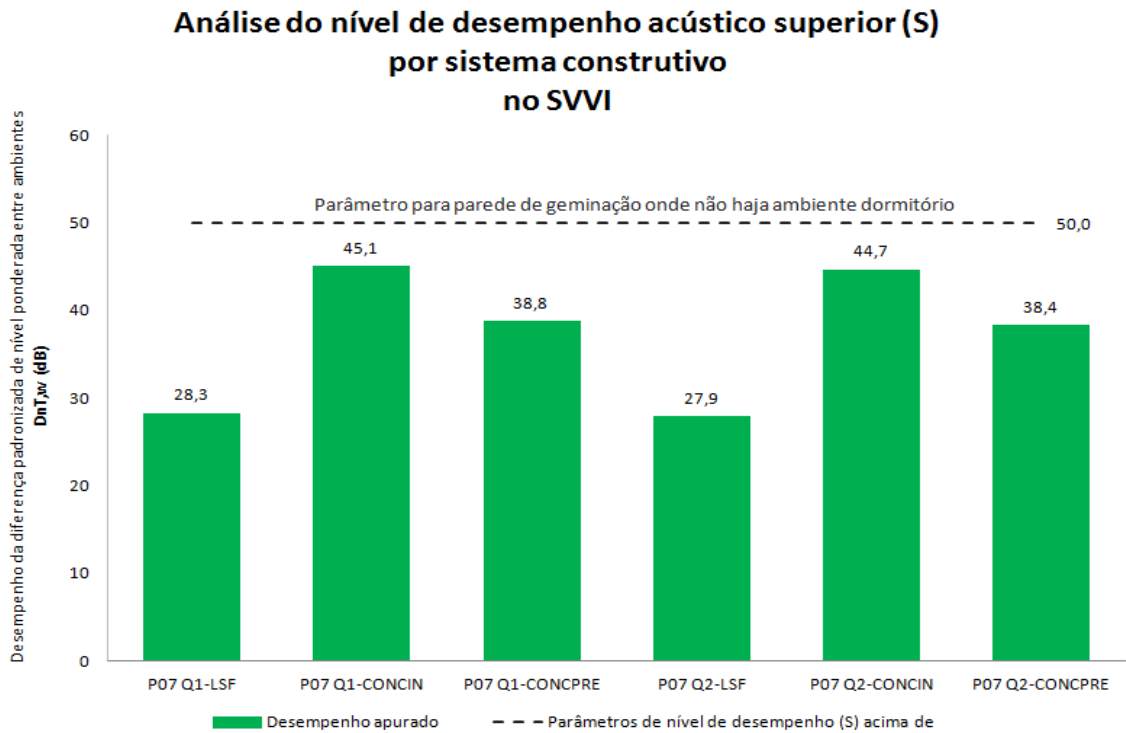
Gráfico 8: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) superior (S) comparado às classes de ruído no SVVI sem dormitório



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

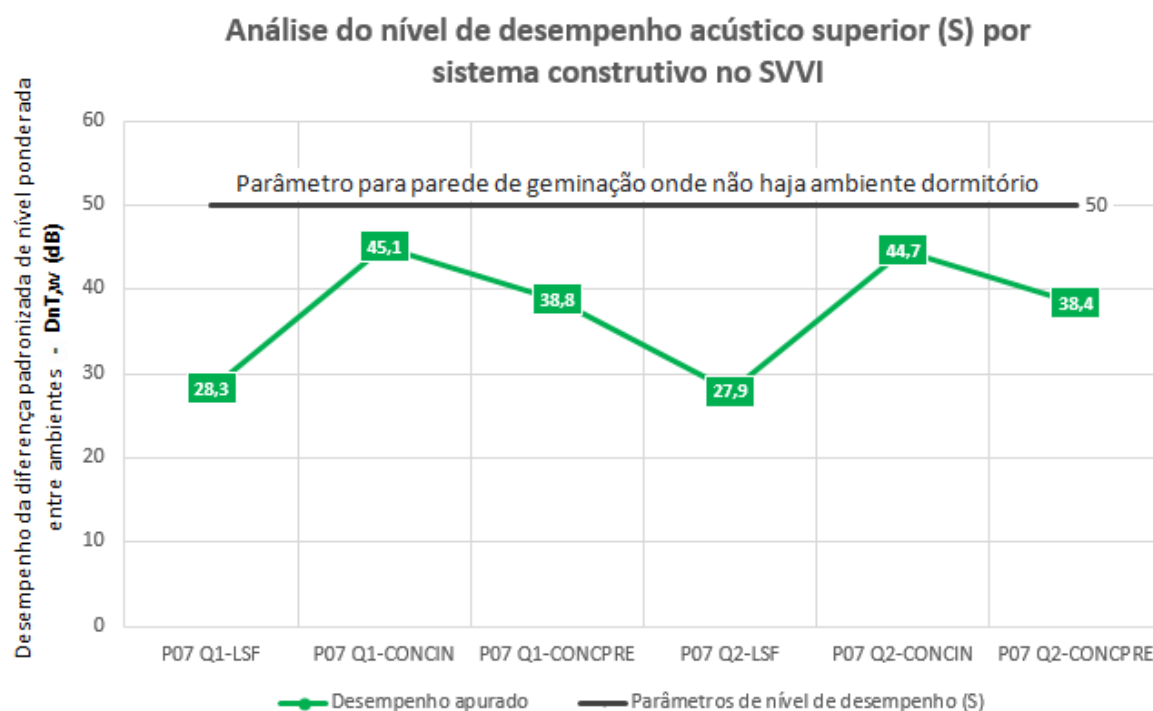
Para as paredes do SVVI na situação onde pelo menos um dos ambientes seja dormitório, o mesmo critério foi utilizado na avaliação, onde se considerou todos os sistemas construtivos desse estudo que tiveram desempenho superior (S) no resultado da simulação considerando os parâmetros indicados na norma e verificado o desempenho acústico segundo as classificações por localidade dessas habitações. A análise gerou o gráfico 8 que evidenciou que apenas o sistema CONCIN atendeu no limite a exigência da norma quanto ao desempenho acústico da parede na classe de ruído I, situação para habitações localizadas em área distante de ruídos. . Os demais sistemas construtivos CONCPRE e LSF não atenderam às exigências conforme a norma,, para as classes de ruído II e III, conforme gráficos 9 e 10.

Gráfico 9: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) superior (S) comparado às classes de ruído no SVVI com ao menos um dormitório



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 10: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) superior (S) comparado às classes de ruído no SVVI com ao menos um dormitório



7.3 Análise dos níveis de desempenhos acústicos intermediário (I) para cada componente dos sistemas construtivos em relação às classes de ruído

Na próxima avaliação, foram novamente agrupadas todas as paredes do SVVE de todos os sistemas construtivos desse estudo que tiveram desempenho intermediário (I) no resultado da simulação considerando os parâmetros indicados na norma, e verificados os desempenhos acústicos segundo as classificações por localidade dessas habitações. A análise gerou o gráfico 9 que mostra que, para a condição de desempenho intermediário (I), todas as paredes do SVVE independente do sistema construtivo utilizado atenderam para as habitações localizadas nas classes de ruído I e II, e para a classe de ruído III, situação onde as habitações estão localizadas em locais de ruído intenso, apenas o sistema construtivo LSF não atendeu nas condições em que a parede de fechamento possui esquadria, conforme gráficos 11 e 12.

Gráfico 11: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVE

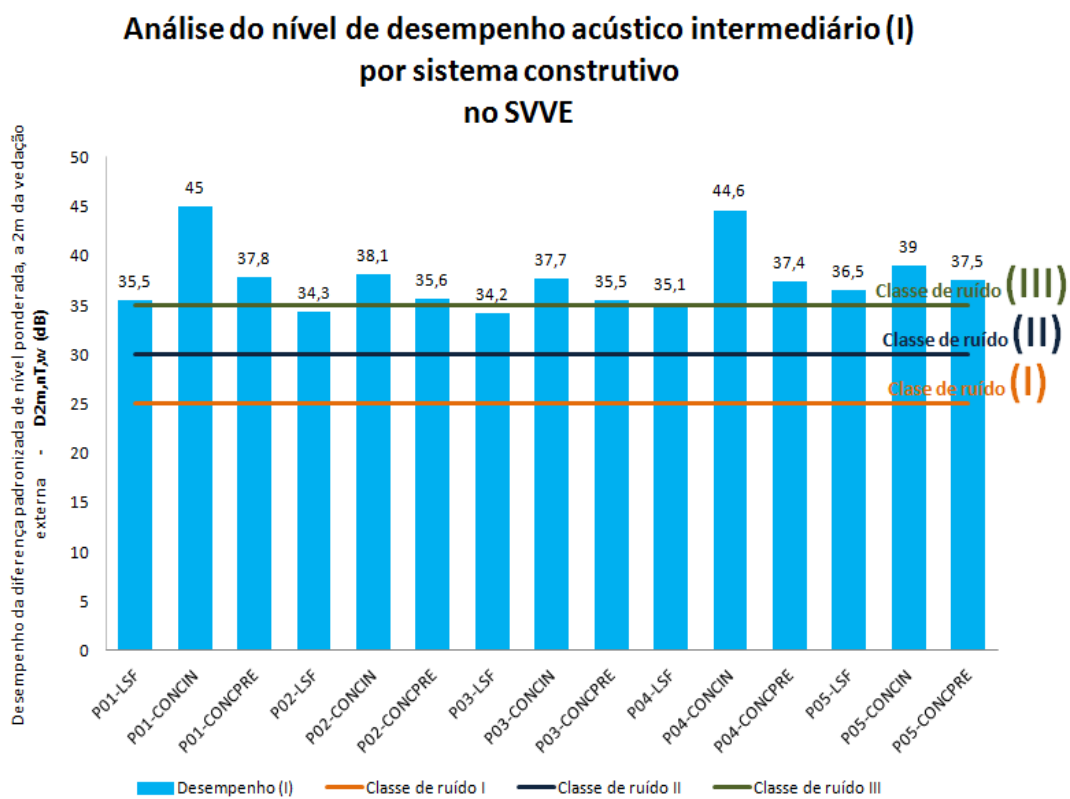
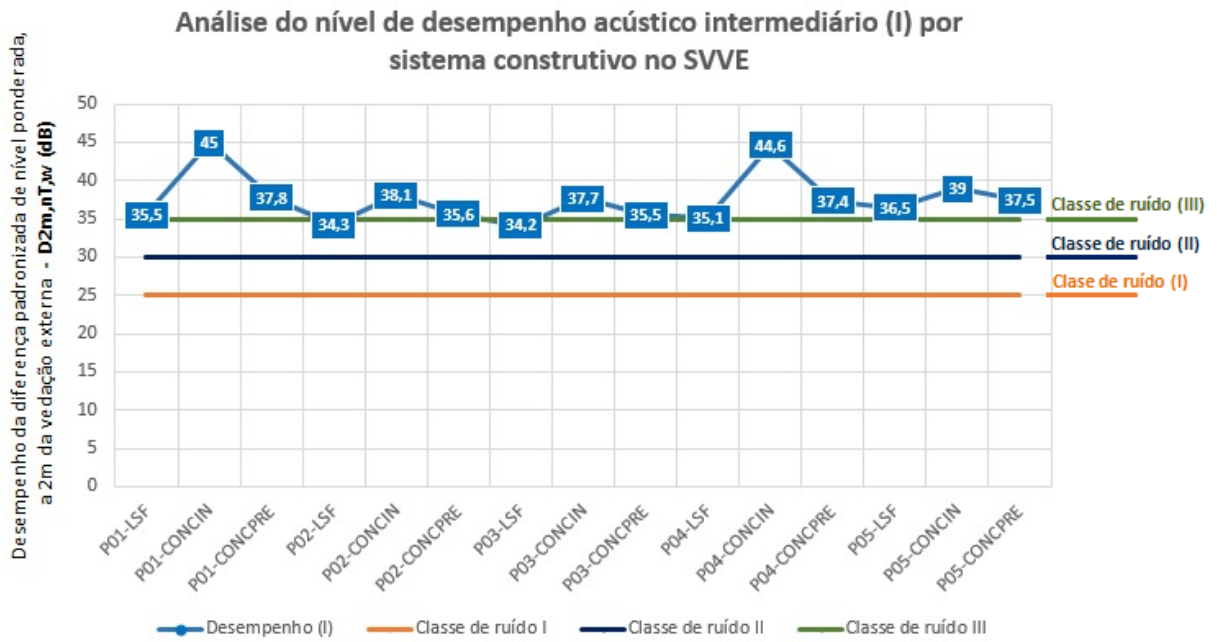


Gráfico 12: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVE

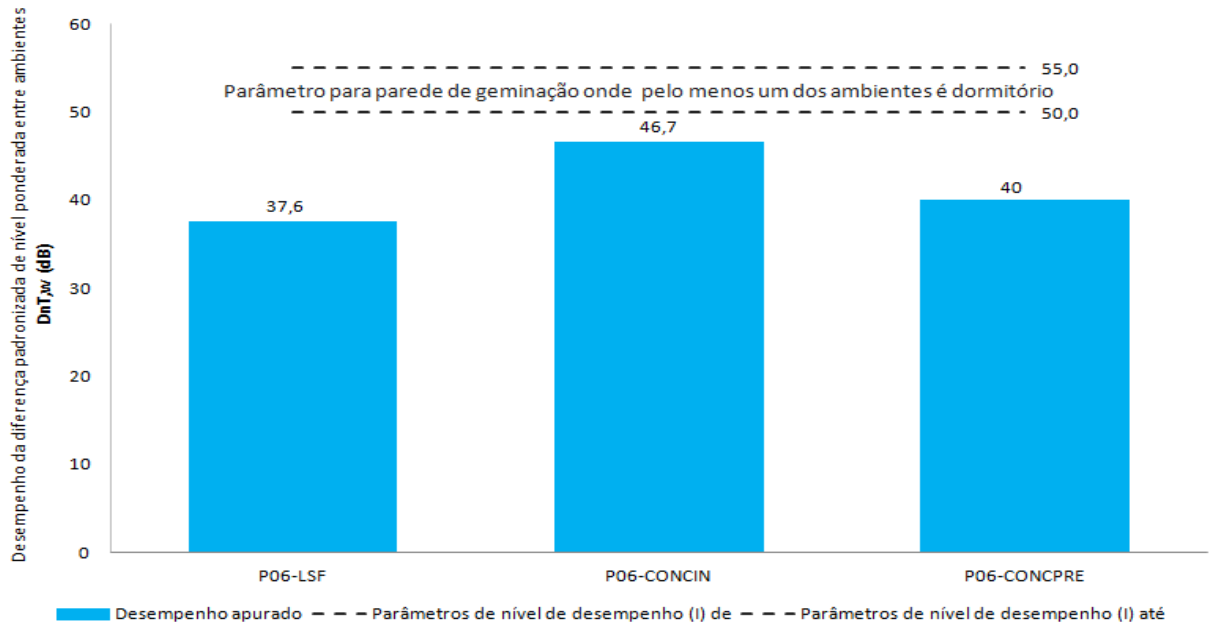


Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Para a parede do SVVI na situação onde não há ambiente dormitório, o mesmo critério foi utilizado, onde se considerou todos os sistemas construtivos desse estudo que tiveram desempenho intermediário (I) no resultado da simulação considerando os parâmetros indicados na norma, e verificado o desempenho acústico segundo as classificações por localidade dessas habitações. A análise gerou o gráfico 10 que mostra que para a condição de desempenho intermediário (I), na classe de ruído I, situação para habitações localizadas em área distante de ruídos, o LSF não atendeu os requisitos mínimos exigidos pela norma, para a classe de ruído II, o sistema CONCPRE atendeu no limite indicado pela norma, e para a classe de ruído III, situação onde as habitações estão localizadas em locais de ruído intenso, nenhuma das situações avaliadas atendeu em desempenho acústico segundo requisitos da norma, conforme gráficos 13 e 14.

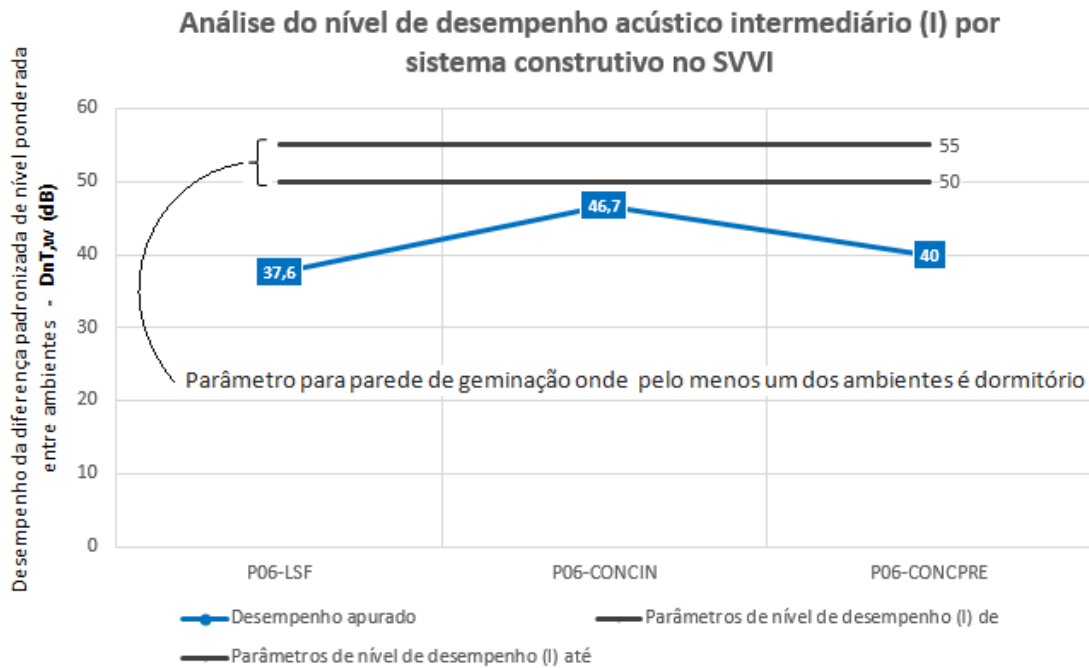
Gráfico 13: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVI sem dormitório

Análise do nível de desempenho acústico intermediário (I) por sistema construtivo no SVVI



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

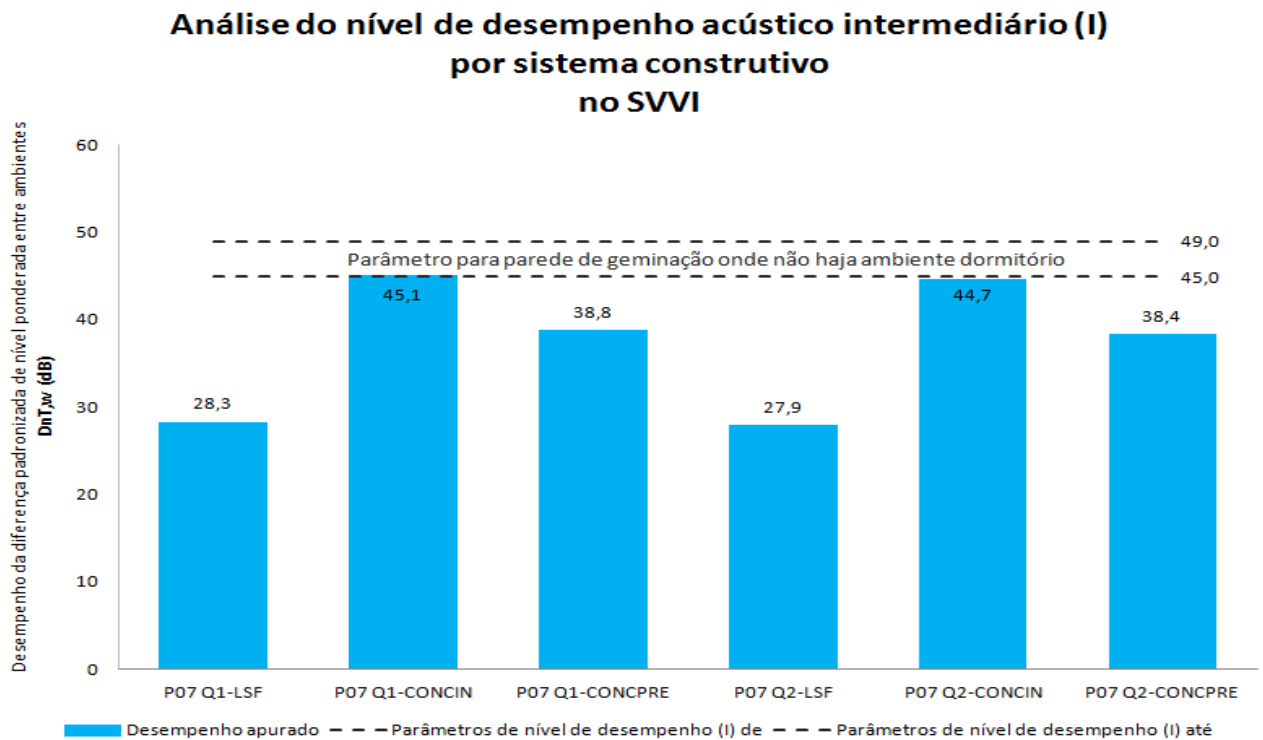
Gráfico 14: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVI sem dormitório



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

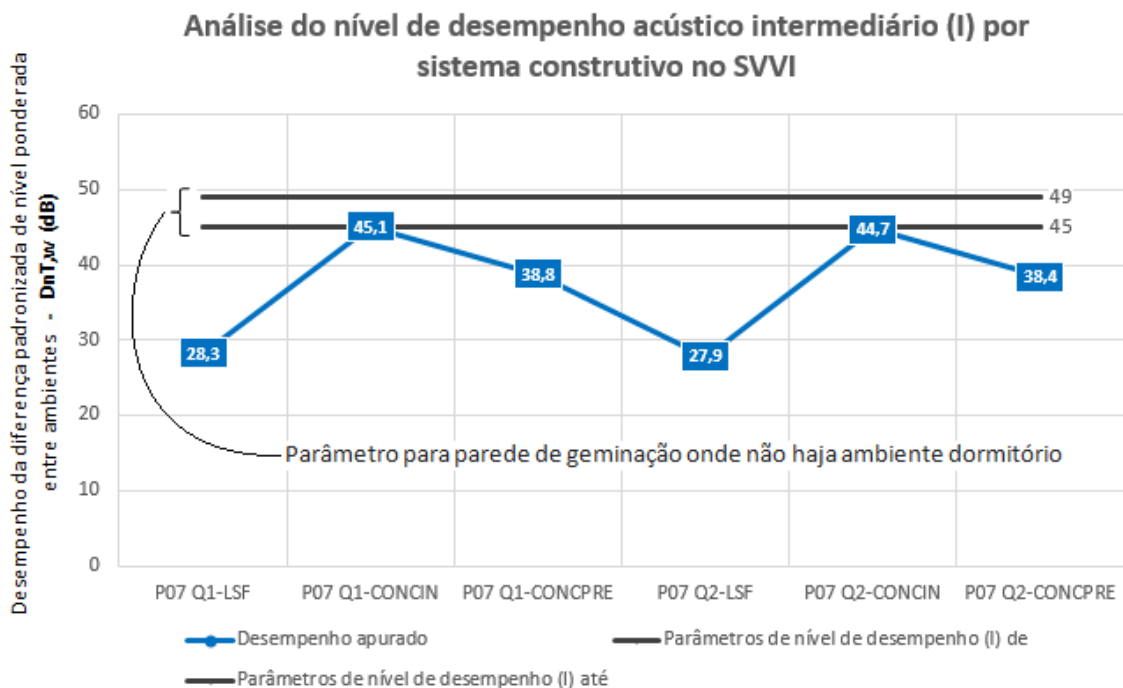
Para as paredes do SVVI na situação onde pelo menos um dos ambientes seja dormitório, o mesmo critério foi utilizado na avaliação, onde se considerou todos os sistemas construtivos desse estudo que tiveram desempenho intermediário (I) no resultado da simulação considerando os parâmetros indicados na norma, e verificado o desempenho acústico segundo as classificações por localidade dessas habitações. A análise gerou o gráfico 11 que mostra que apenas o sistema CONCIN atendeu no limite a exigência da norma quanto ao desempenho acústico da parede na classe de ruído I, situação para habitações localizadas em área distante de ruídos. Para as classes de ruído II e III, nenhum dos sistemas construtivos atenderam às exigências da norma para desempenho acústico, conforme gráficos 15 e 16.

Gráfico 15: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVI com ao menos um dormitório



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 16: Resultados do nível de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVI com ao menos um dormitório

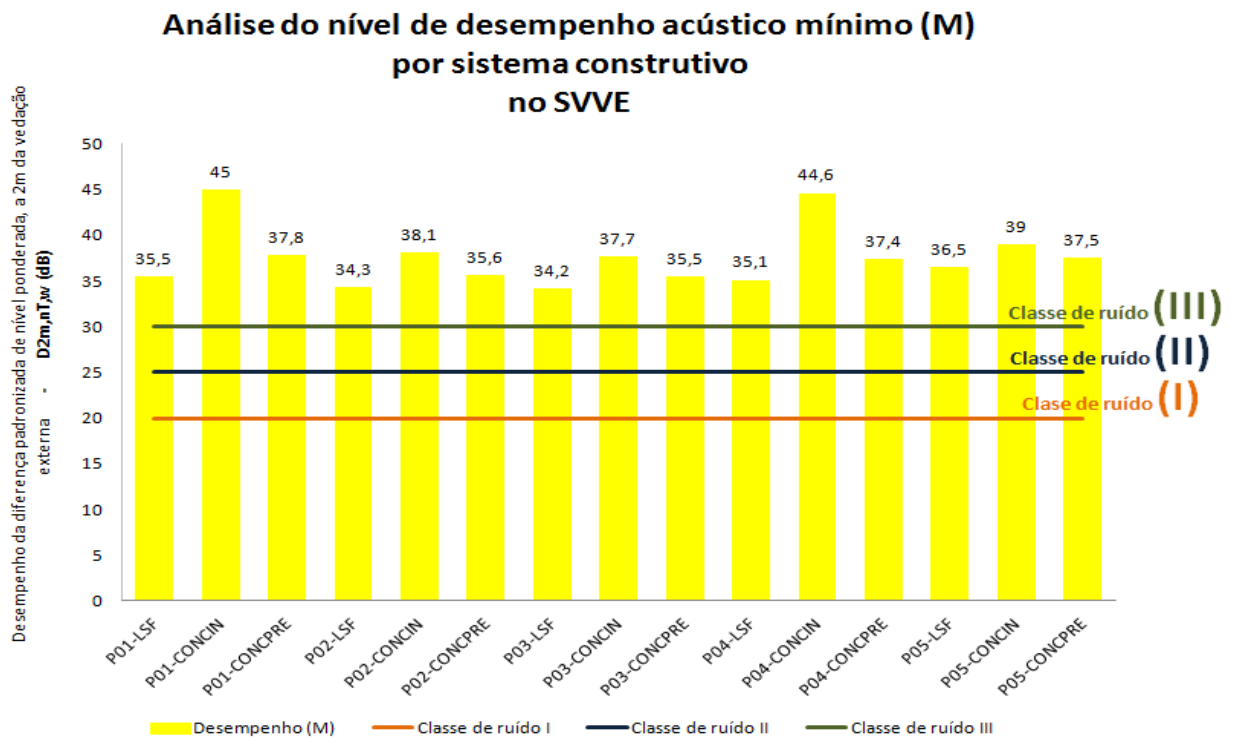


Fonte: Arquivo pessoal (2019)

7.4 Análise dos níveis de desempenhos acústicos mínimo (M) para cada componente dos sistemas construtivos em relação às classes de ruído

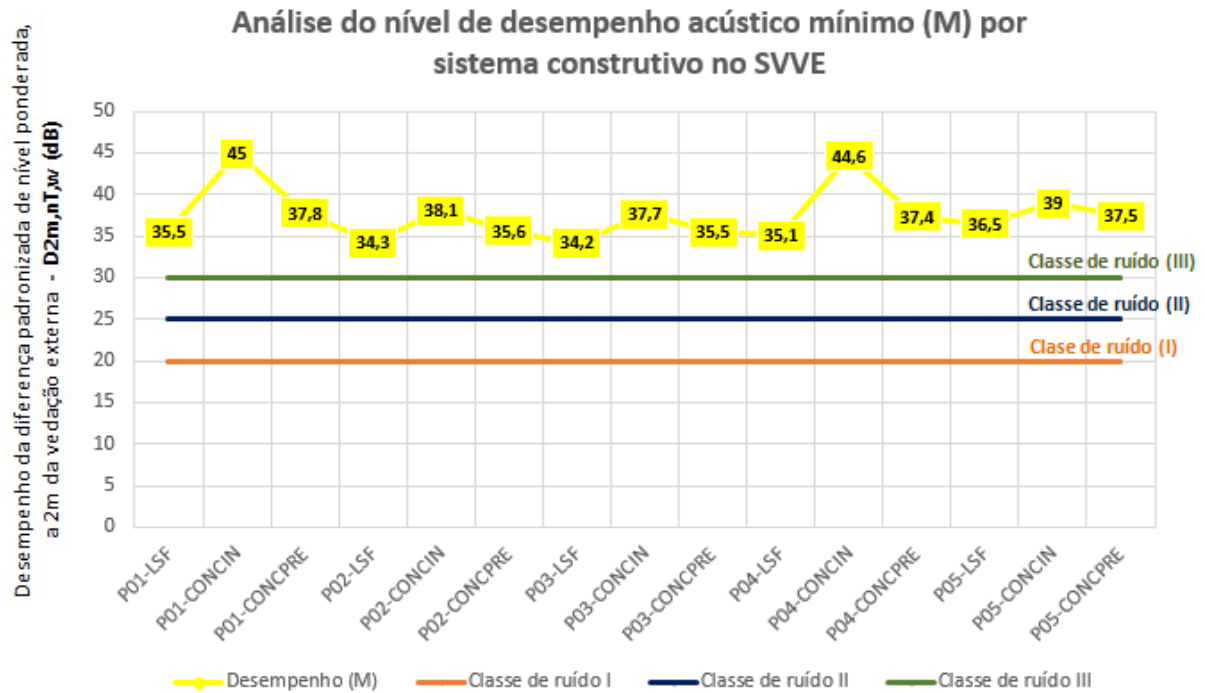
A avaliação que se segue manteve a estrutura das demais avaliações onde, foram agrupadas todas as paredes do SVVE de todos os sistemas construtivos desse estudo que tiveram desempenho mínimo (M) no resultado da simulação considerando os parâmetros indicados na norma, e verificados os desempenhos acústicos segundo as classificações por localidade dessas habitações. A análise gerou um gráfico que mostra que para a condição de desempenho mínimo (M), todas as paredes do SVVE independente do sistema construtivo utilizado atendem habitações localizadas em todas as classes de ruído I, II e III, conforme gráficos 17 e 18.

Gráfico 17: Resultados de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) mínimo (M) comparado às classes de ruído no SVVE



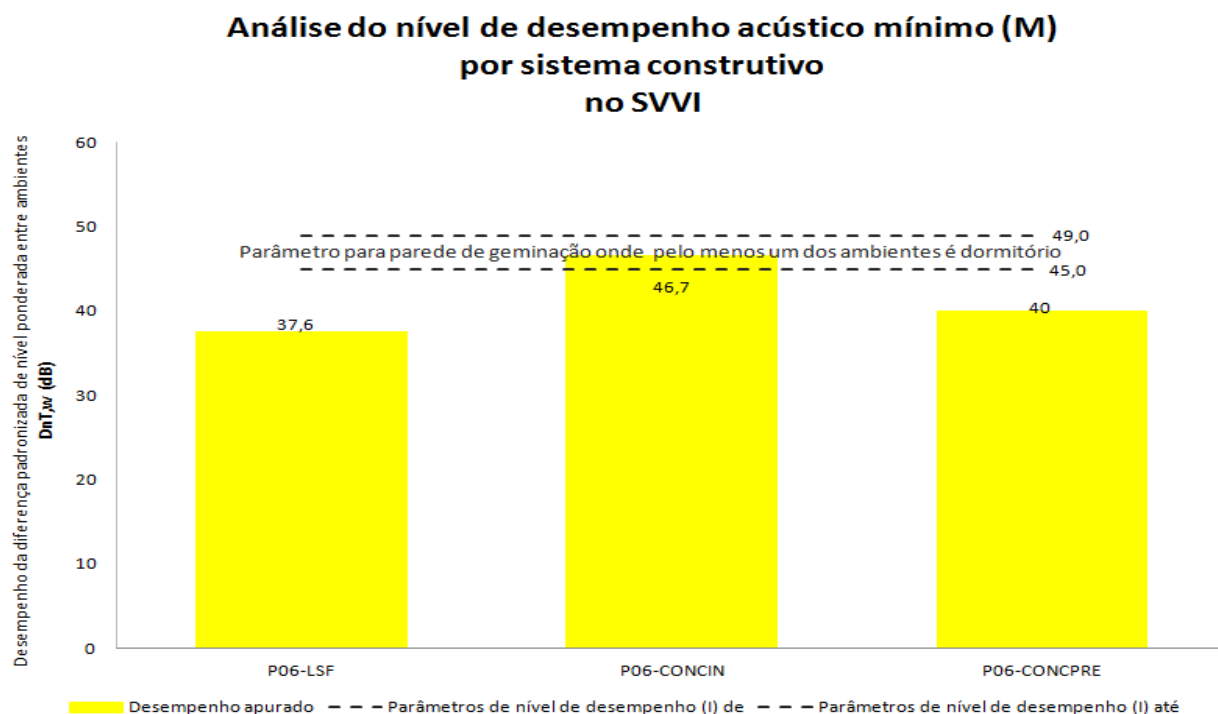
Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 18: Resultados de desempenho acústico ($D_{2m,nT,w}$) mínimo (M) comparado às classes de ruído no SVVE



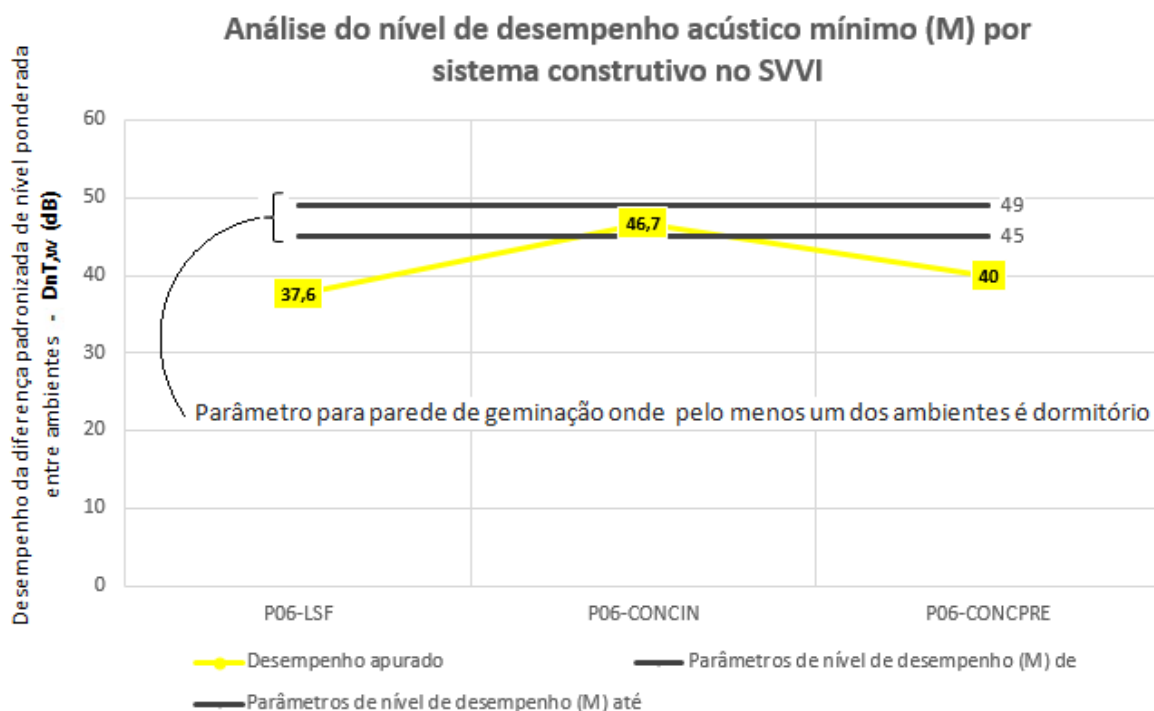
Para a parede do SVVI na situação onde não há ambiente dormitório, o mesmo critério foi utilizado, onde se considerou todos os sistemas construtivos desse estudo que tiveram desempenho mínimo (M) no resultado da simulação considerando os parâmetros indicados na norma, e verificou-se o desempenho acústico segundo as classificações por localidade dessas habitações. A análise gerou um gráfico que mostra que para a condição de desempenho mínimo (M), na classe de ruído I, situação para habitações localizadas em área distante de ruídos, a Situação 1: LSF não atenderia os requisitos mínimos exigidos na norma, para a classe de ruído II a Situação 3: CONCPRE atenderia no limite dos parâmetros indicados pela norma, e para a classe de ruído III, situação onde as habitações estão localizadas em locais de ruído intenso, nenhuma das situações avaliadas atenderia em desempenho acústico, conforme gráficos 19 e 20.

Gráfico 19: Resultados de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVI sem dormitório



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

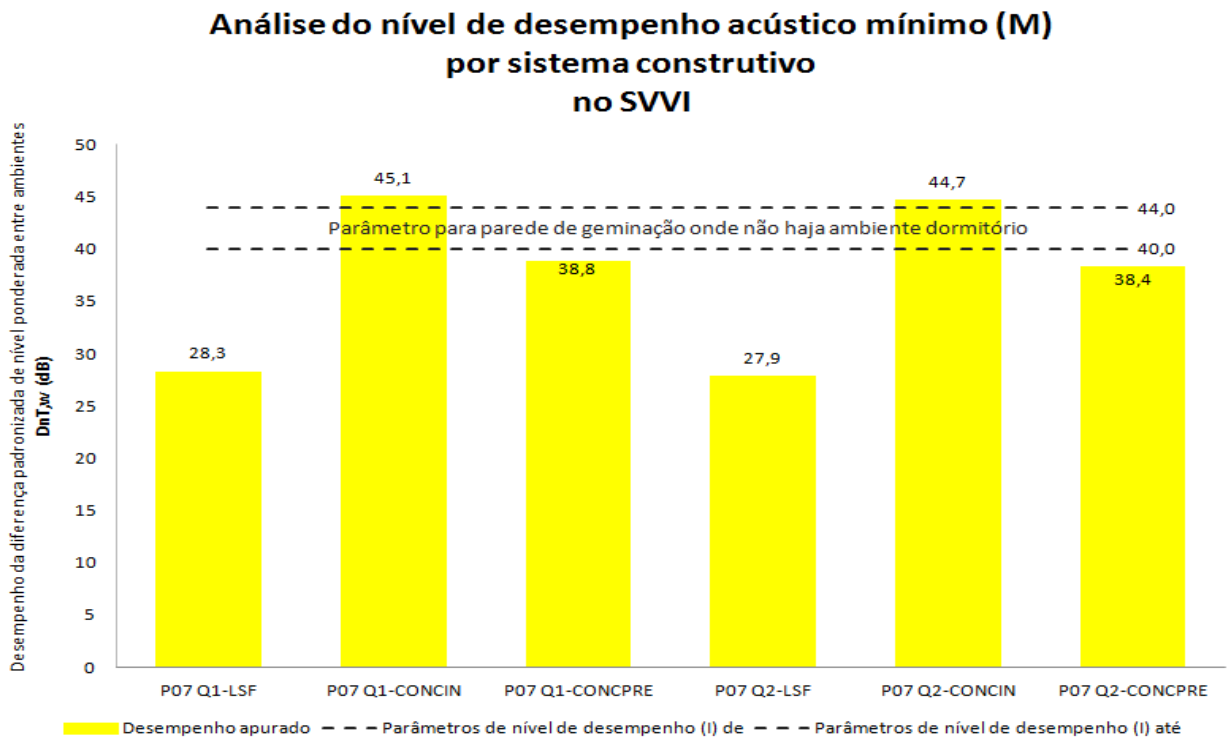
Gráfico 20: Resultados de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) intermediário (I) comparado às classes de ruído no SVVI sem dormitório



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

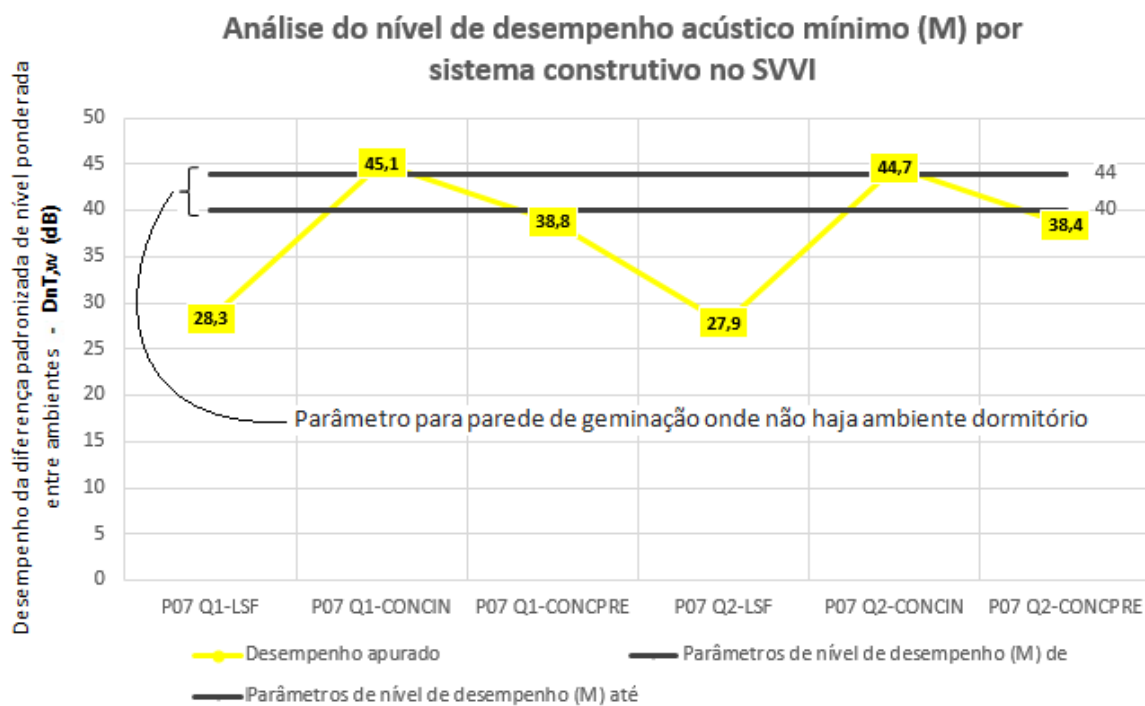
Para as paredes do SVVI na situação onde pelo menos um dos ambientes seja dormitório, o mesmo critério foi utilizado na avaliação, onde se considerou todos os sistemas construtivos desse estudo que tiveram desempenho mínimo (M) no resultado da simulação considerando os parâmetros indicados na norma, e verificou-se o desempenho acústico segundo as classificações por localidade dessas habitações. A análise gerou um gráfico que mostra que apenas a Situação 2: CONCIN atenderia no limite a exigência da norma quando ao desempenho acústico da parede na classe de ruído I, situação para habitações localizadas em área distante de ruídos, para as classes de ruído II e III, nenhum dos sistemas construtivos atenderiam às exigências da norma, conforme gráficos 21 e 22.

Gráfico 21: Resultados de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) mínimo (M) comparado às classes de ruído no SVVI com ao menos um dormitório



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 22: Resultados de desempenho acústico ($D_{nT,w}$) mínimo (M) comparado às classes de ruído no SVVI com ao menos um dormitório



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base em todas as análises realizadas, considerando-se os parâmetros utilizados e os resultados fornecidos pelo software, é possível concluir que, dentre os sistemas construtivos analisados neste trabalho, as paredes de concreto armado moldado *in loco* (CONCIN) apresentaram os melhores resultados, comparando-se com as paredes do sistema Light Steel Framing (LSF) e do sistema de concreto pré moldado (CONCPRE), para os SVVE (paredes de fachada). Os resultados para esse sistema construtivo se mantiveram constante em todas as classes de ruído para os níveis de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada, a 2 m da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$. Já nos SVVI (paredes internas), em todos os sistemas houve queda significativa na classe de ruído para os níveis de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$. As paredes de concreto armado moldado *in loco* (CONCIN) ainda sim apresentaram os melhores resultados se comparados com os outros dois sistemas. Destaca-se, no entanto, que para os SVVI todos os sistemas construtivos obtiveram avaliações pouco satisfatórias. As paredes internas do sistema Light Steel Framing (LSF) e do sistema de concreto pré-moldado (CONCPRE) obtiveram níveis abaixo do mínimo (I), recomendado pela norma. Nesses dois casos os sistemas não possuem eficiência acústica mínima para o conforto do usuário. Essa constatação pode configurar um indício de que as habitações de interesse social construídas no Brasil, quando adotado um dos sistemas construtivos e de acordo com os critérios analisados, se fossem construídas com base nos resultados obtidos nas simulações do software atenderiam em nível bastante satisfatório os requisitos para uma eficiência acústica nos Sistemas de Vedação Vertical Externo (SVVE) e em nível muito insuficiente de eficiência acústica nos Sistemas de Vedações Verticais Internas (SVVI).

8.1 Sugestões para trabalhos futuros

Buscando-se a ampliação dos resultados obtidos, sugere-se como trabalhos futuros a abordagem de outros sistemas construtivos, visando soluções mais eficientes no desempenho acústico. Sugere-se também uma avaliação de todo o conjunto habitacional através de simulação no software, preferencialmente a

realização da simulação de uma habitação construída e que possua uma avaliação do desempenho acústico realizado através do método de medição em campo, podendo assim ser possível comprovar-se a validade dos resultados obtidos através de simulações no software, fortalecendo sua utilização por arquitetos e engenheiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 15575:2013 - **Desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT NBR 15.575-4: 2013 - **Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT NBR 15.575-5: 2013 - **Edificações habitacionais — Desempenho, Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas**. Rio de Janeiro, 2013.

ACKER, A. V. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**. Tradução: Marcelo Ferreira, ABCIC, 2002.

Associação dos Fiscais de Belo Horizonte (AFISBH). **Identificação do ruído de fundo para o empreendimento 1**. 2019. Disponível em: <http://mnps.afisbh.com.br/previsaos?logradouro=amilcar+cabral&numero=280>>. Acesso em: 13 abr 2019

Associação dos Fiscais de Belo Horizonte (AFISBH). **Identificação do ruído de fundo para o empreendimento (adaptado)**. 2019. Disponível em: <<http://mnps.afisbh.com.br/previsaos?logradouro=paulo+kruger+mourao&numero=230>>. Acesso em: 13 abr 2019.

Associação dos Fiscais de Belo Horizonte (AFISBH). **Identificação do ruído de fundo para o empreendimento 3 (adaptado)**. 2019. Disponível em: <<http://mnps.afisbh.com.br/previsaos?logradouro=dos+borges&numero=1209>>. Acesso em: 13 abr 2019.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR15575- Edifícios habitacionais: Desempenho**. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE; AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE 55-2004: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta, 2004.

ARIZMENDI, L. J. **Tratado Fundamental de Acústica en la Edificacion**. Pamplona: EUNSA, [1980].

AZKORRA, Z.; PÉREZ, G.; COMA, J.; CABEZA, L.F.; BURES, S.; ÁLVARO, J.E.; ERKOREKA, A.; URRESTARAZU, M. **Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings**. *Applied Acoustics* – Elsevier, v. 89, p.46-56, set. 2014.

BÁRING, J. G. de A. **Desenvolvimento tecnológico em acústica das edificações: conceituação (1ª parte)**. In: **Tecnologia de Edificações**. São Paulo: PINI, 1988. Divisão de Edificações do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas).

BARROS, A. D.. **A adoção de sistemas de avaliação ambiental de edifícios (LEED e processo AQUA) no Brasil: motivações, benefícios e dificuldades**. Universidade de São Carlos, São Carlos. 2012

BATISTA, E. D. **Development of Brazilian steel construction**. *Journal of Constructional Steel Research*. Agosto 2005.

BORGES, C. A. **A importância da NBR15575 para a melhoria da qualidade das habitações brasileiras**. 2008. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

BRASIL. INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia. **Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R**. Rio de Janeiro, 2012.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Empreendimentos faixa 1 minha casa minha vida (adaptado)**. 2018. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/habitacao-minha-casa-minha-vida/Empreendimentos_MCMV.zip>. Acesso em: 13 abr 2019.

Campos, P. **Light Steel Framing: Uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento**. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. 2014. 198f.

CANADIAN PRECAST PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE (CPCI). **Ruth Gardens - Building orientation and green space make mixed-use development public-friendly**. 2016. Disponível em: http://www.cpci.ca/en/about_us/project_month/march_2016/. Acesso em: 23 out. 2017.

CASTRO. R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing**. Dissertação de mestrado apresentada a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto. 2005. 231f.

CARVALHO, L. F. **Sistema construtivo em paredes de concreto para edifícios: dimensionamento da estrutura e aspectos construtivos**. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. 2012.

Dias, L. A. **Edificações de aço no Brasil** (2ª ed.). São Paulo. 1999

Diniz, R. **Classificação do desempenho térmico da envoltória de habitação popular em concreto armado**. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. 2015.

FAKURY, R. H., FREITAS, A. M. S., REQUENA, J. A. V., PIMENTA, R. J., BATISTA, E. de M., ARAÚJO, A. H. M. **Sobre a recente norma brasileira de projeto de**

estruturas de aço e mistas com perfis tubulares. CONSTRUMETAL, São Paulo. 2012

Figueiredo, C. M., & Frota, A. B.. **Ventilação Natural para Conforto Térmico em Edifícios de Escritórios – Avaliação com Modelos Adaptativos.** Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. 2008

Flizikowski, L. C. **Estimativa de emissões de dióxido de carbono na construção civil e neutralização com espécies florestais: um estudo de caso.** Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba. 2012.

FREEDMAN, S. **Loadbearing Architectural Precast Concrete Wall Panels.** PCI Journal, Chicago, v.44, n.5, p. 92-115, set/out., 1999.

FREGONEZZI, M. A.; LOPES, J. L. **O ruído como fator de interferência na comunicação:** um estudo de caso em instituição de ensino. Serviço Social de Aprendizagem Comercial (SENAC), Faculdade de Ciências Ambientais (FCA) – São Paulo. 2006.

FONYAT, M. de A. R. **A pré-fabricação e o projeto de arquitetura.** 2013. 196 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/80415>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

GERGES, S. N. Y., **Ruído: Fundamentos e Controle,** Florianópolis, 1992.

GERRETSEN, E. **Prediction of sound insulation in buildings: a tool to improve the acoustic quality.** In: DAGA'03. Aachen, 2003.

GREVEN, H. A.; FAGUNDES, H. A. V.; EINSFELDT, A. A. **ABC do Conforto Acústico.** 2a Edição. Rio Grande do Sul. 2006.

Google Maps. **Identificação do Empreendimento 1 em mapa via satélite (adaptado).** 2019. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-19.9843416,-44.0041406,403m/data=!3m1!1e3?hl=pt-BR>> Acesso em: 13 abr 2019.

Google Maps. **Identificação do empreendimento 2 em mapa via satélite (adaptado).** 2019. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-19.8318338,-43.9336657,215m/data=!3m1!1e3?hl=pt-BR>>. Acesso em: 13 abr 2019.

Google Maps. **Identificação do empreendimento 3 em mapa via satélite (adaptado).** 2019. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-19.845386,-43.8819813,431m/data=!3m1!1e3?hl=pt-BR>> Acesso em: 13 abr 2019.

IBGE. **Produto Interno Bruto.** 2014

IBGE. **Produto Interno Bruto.** 2017

Inovação, M. d. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil.** 2014

HOLTZ, M. C. B. ; AKKERMAN, D. . **II Encontro Nacional de Sustentabilidade Acústica na Arquitetura.** 2012.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 2. ed. São Paulo: Pro Livros, 2004.

MORAES, R. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: *Light Steel Framing*.** Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto. 2005

NEPOMUCENO, L. X. **Acústica Técnica.** São Paulo: ETEGIL, 1968. NETO, M. F. **Nível de Conforto Acústico: uma proposta para edifícios residenciais.** Campinas: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2009.

OLIVEIRA, A. B. de F.; BIELER, H. E.; SOUZA, H. A. de. **Abordagem de sistemas de construção industrializados estruturados em aço nos cursos de graduação em arquitetura e urbanismo e engenharia civil no Brasil.** In.: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012. p. 1761-1769. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/entac2014/2012/docs/1175.pdf>>. Acesso em: 4 nov. 2018.

OLIVEIRA, R. D. **Classificação do desempenho térmico da envoltória de habitação popular em concreto armado.** Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. 2015.

PINHEIRO, F. J. **Déficit Habitacional no Brasil 2013-2014.** Belo Horizonte. 2016.

Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). **Identificação do zoneamento do empreendimento 1 de acordo com o Plano Diretor em vigor na PBH.** 2019. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/planejamento-urbano/plano-diretor/plano-diretor-em-vigor#>> Acesso em: 13 abr 2019

Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). **Identificação do zoneamento do empreendimento 2 de acordo com o Plano Diretor em vigor na PBH (adaptado).** Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/planejamento-urbano/plano-diretor/plano-diretor-em-vigor#>>. Acesso em: 13 abr 2019.

Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). **Identificação do zoneamento do empreendimento 3 de acordo com o Plano Diretor em vigor na PBH (adaptado).** Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/planejamento-urbano/plano-diretor/plano-diretor-em-vigor#>>. Acesso em: 13 abr 2019.

Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). BHMAP. **Identificação do empreendimento 1 em site oficial da PBH (adaptado).** 2019. Disponível em: <<http://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/#zoom=8&lat=7789993.33783&lon=604217.33162&baselayer=base>>. Acesso em: 13 abr 2019.

Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). BHMAP. **Identificação do empreendimento 2 em site oficial da PBH (adaptado)**. 2019. Disponível em: <<http://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/#zoom=8&lat=7789993.33783&lon=604217.33162&baselayer=base>>. Acesso em: 13 abr 2019

Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). BHMAP. **Identificação do empreendimento 3 em site oficial da PBH (adaptado)**. Disponível em: <<http://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/#zoom=8&lat=7789993.33783&lon=604217.33162&baselayer=base>>. Acesso em: 13 abr 2019.

PROCEL. **Manual para Aplicação do RTQ-R**. 2012

PROCEL. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. 2012

PUJOL, R; **Frequências ouvidas pelo ouvido humano e por alguns outros mamíferos**. 2006. Disponível em: < <http://www.cochlea.org/po/som/campo-auditivo-humano>>. Acesso em: 12 abr 2019.

REGO, D. **Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing**. Universidade técnica de Lisboa, Lisboa. 2012

RESENDE, L. **Eficiência energética em edificações: aplicação do RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - na cidade de Uberlândia-MG**. Universidade de Brasília UnB, Brasília. 2011.

RODRIGUES, A. C. **Minha Casa Minha Vida: Análise do desempenho térmico pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul E RTQ-R**. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. 2013.

RODRIGUES, F., **Análise de Ruído em Terminais de Transporte Coletivo Urbano: Desenvolvimento de Modelos de Previsão**, Dissertação de Mestrado, 2006, 136 p. Uberlândia: Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CASTRO, R. C. M. de. **Steel Framing: Arquitetura**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia, Centro Brasileiro da Construção em Aço. 2012. 151p.

SOUZA, F. P., **Efeito do ruído no homem dormindo e acordado**. Revista de Acústica e Vibrações n°25, 2000.

VECCI, M. A. M. **Ruído Ambiental**. Curso de especialização em engenharia sanitária e meio ambiente – UFMG, Belo Horizonte, 2002.

VON GIERKE, E. H. & ELDRED K. M., **Efeitos do ruído no homem**. In: Noise/News International (NNI). Traduzido pela SOBRAC, 1993.

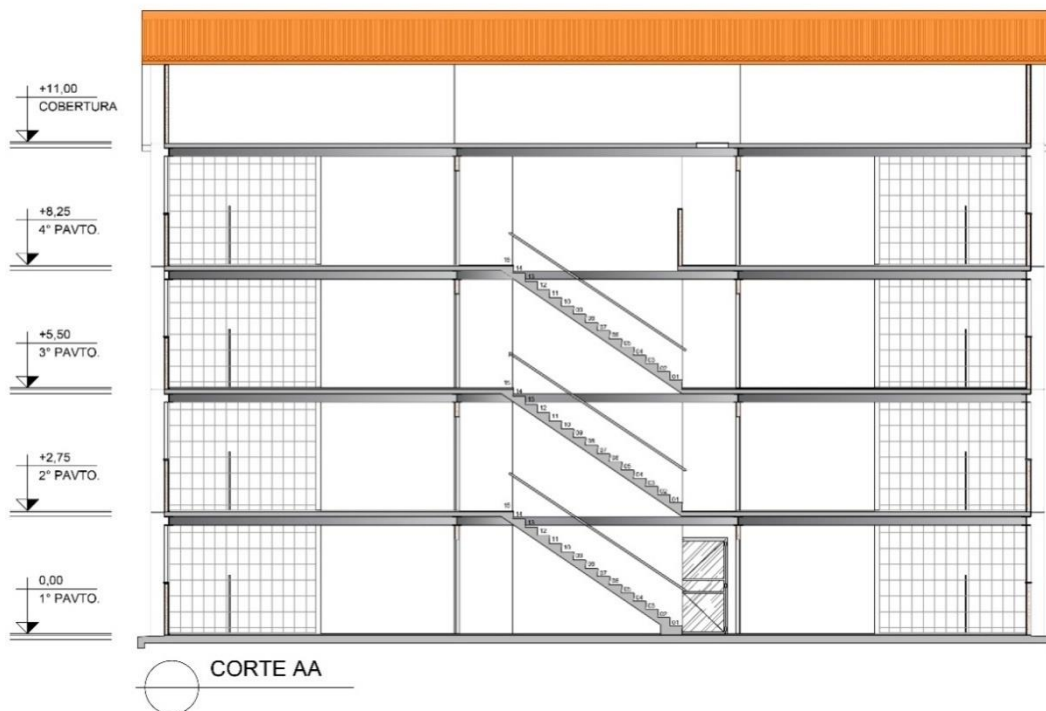
ANEXOS

Figura 36: Perspectiva da edificação no sistema de Light Steel Framing



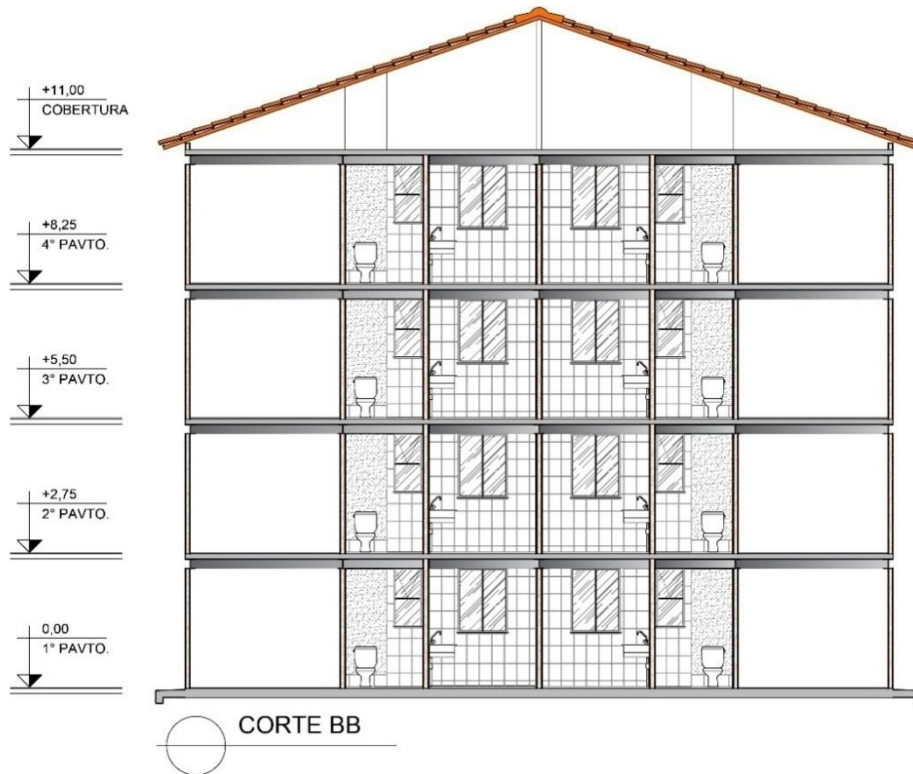
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 37: Corte AA no sistema de Light Steel Framing



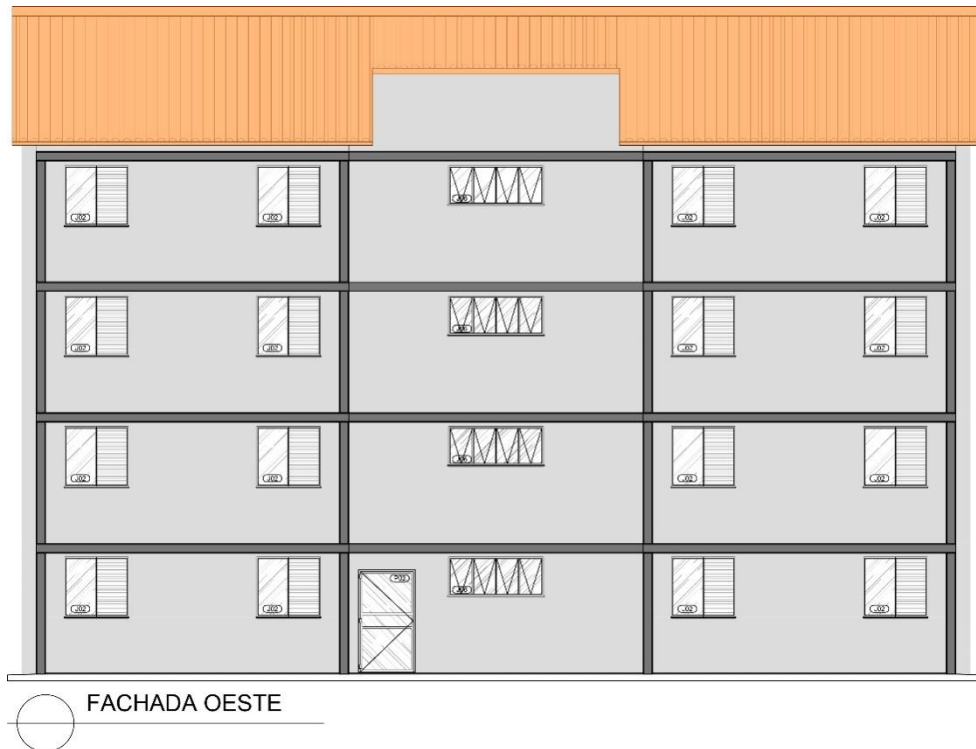
Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 38: Corte BB no sistema de Light Steel Framing



Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 39: Fachada Oeste no sistema de Light Steel Framing



Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 40: Fachada Norte no sistema de Light Steel Framing



Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 41: Fachada Leste no sistema de Light Steel Framing



Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 42: Fachada Sul no sistema de Light Steel Framing



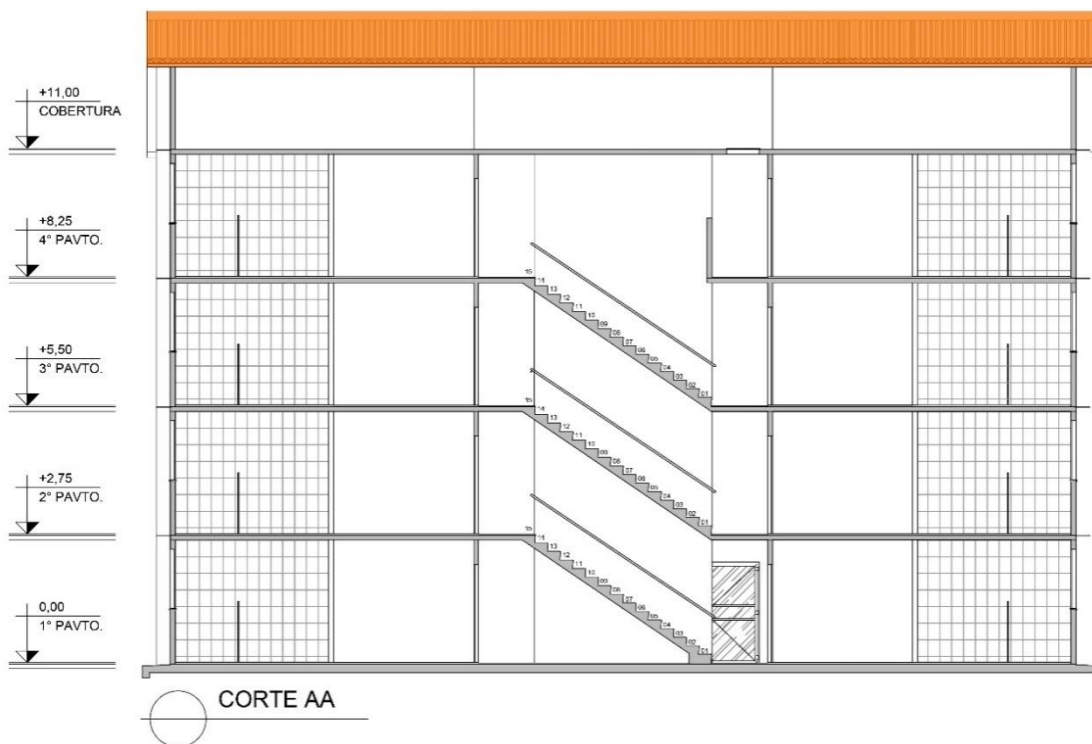
Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 43: Perspectiva no sistema de paredes de concreto



Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 44: Corte AA no sistema de paredes de concreto



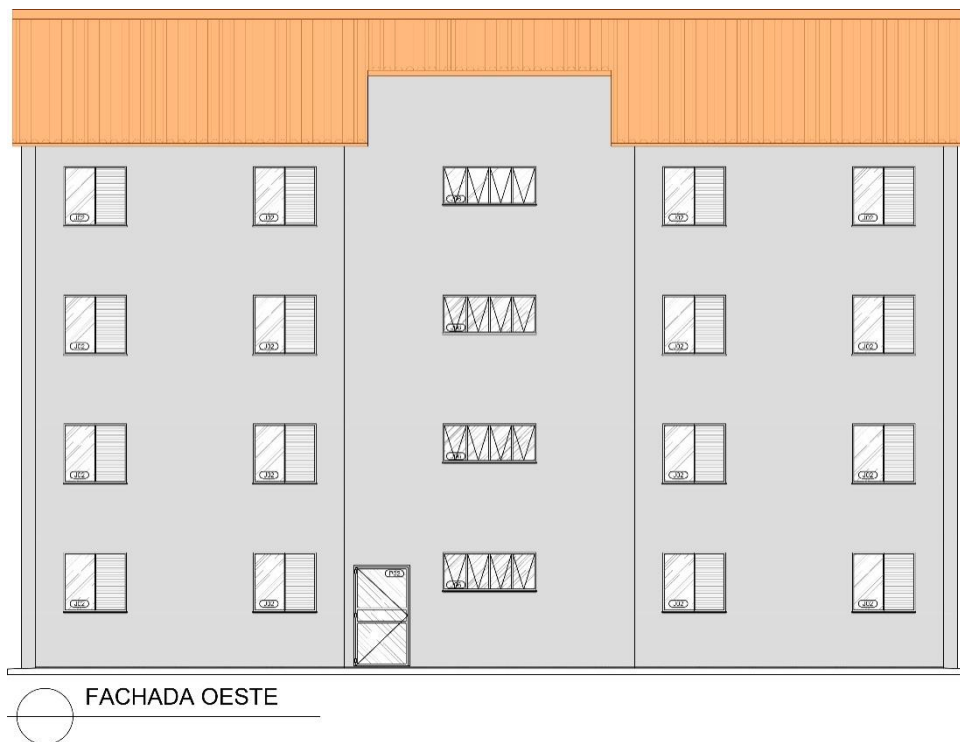
Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 45: Corte BB no sistema de paredes de concreto



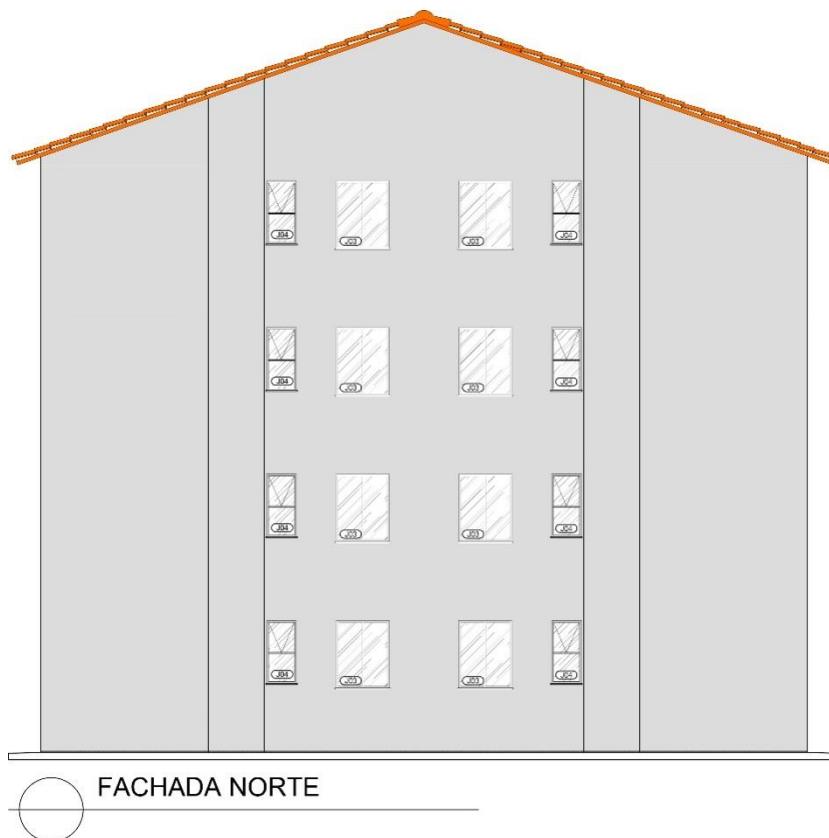
Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 46: Fachada Oeste no sistema de paredes de concreto



Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 47: Fachada Norte no sistema de paredes de concreto



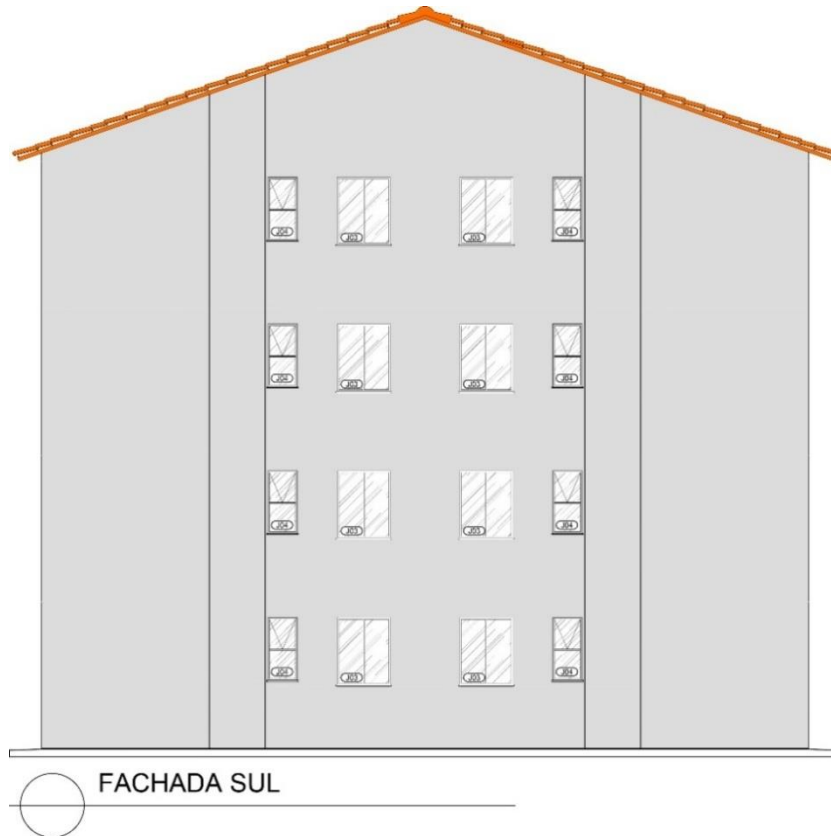
Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 48: Fachada Leste no sistema de paredes de concreto



Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 49: Fachada Sul no sistema de paredes de concreto



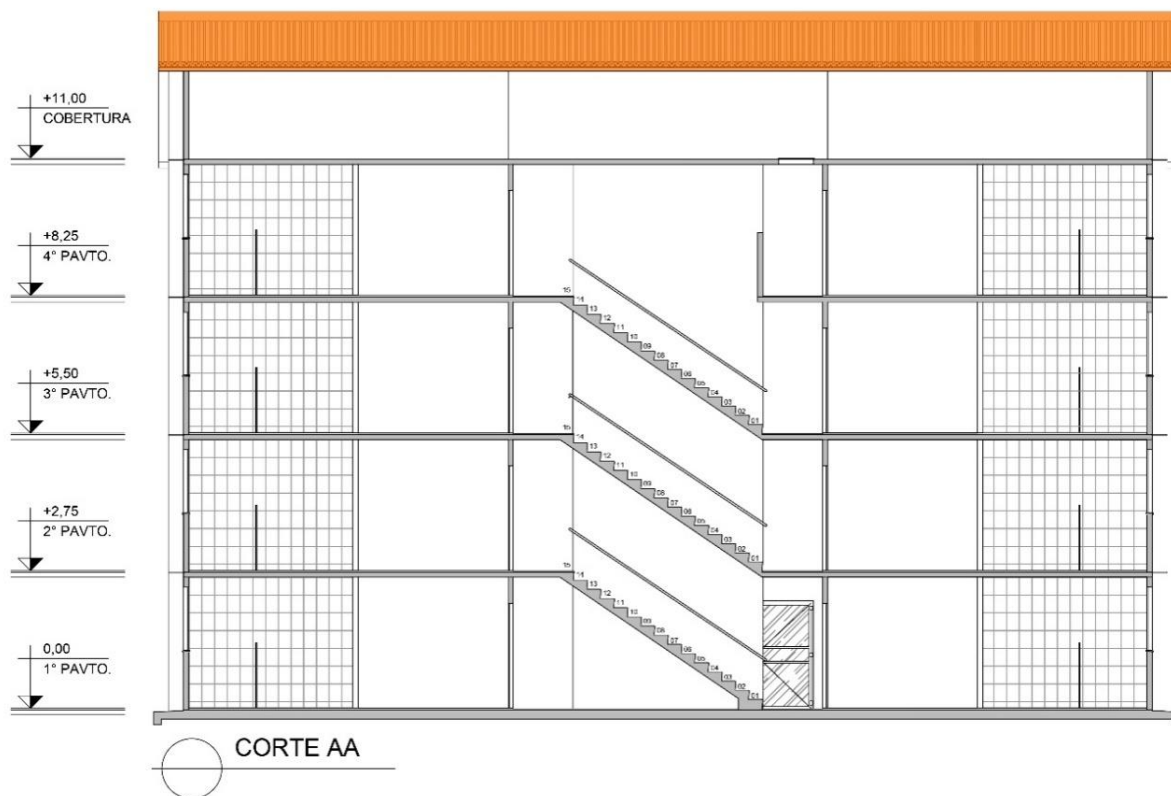
Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 50: Perspectiva no sistema de paredes de concreto pré-moldadas



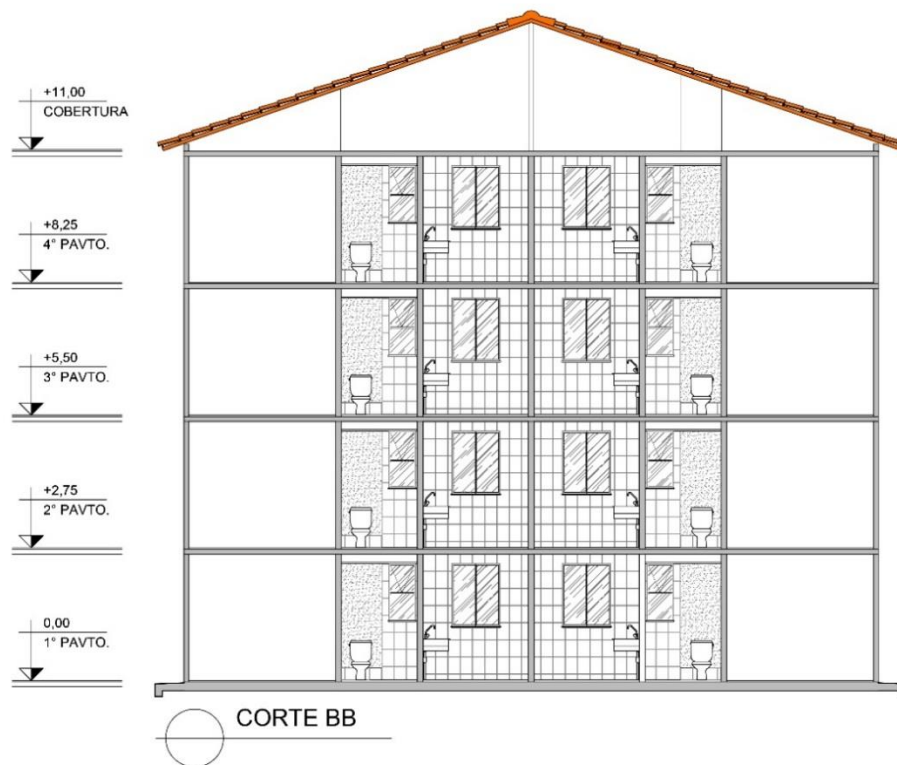
Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 51: Corte AA no sistema de paredes de concreto pré-moldadas



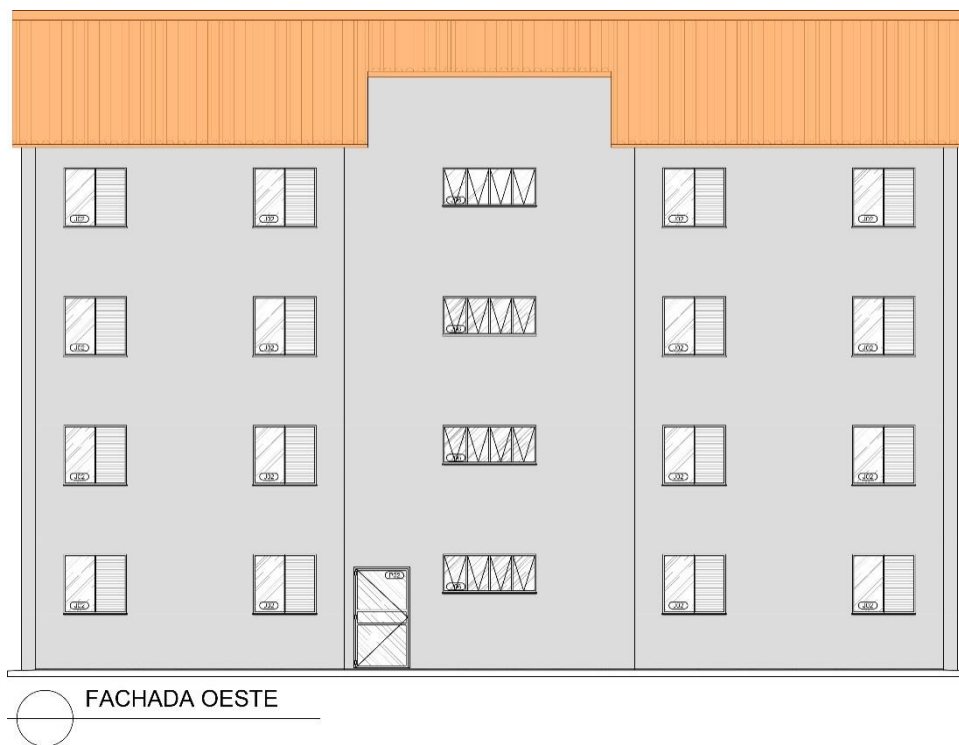
Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 52: Corte BB no sistema de paredes de concreto pré-moldadas



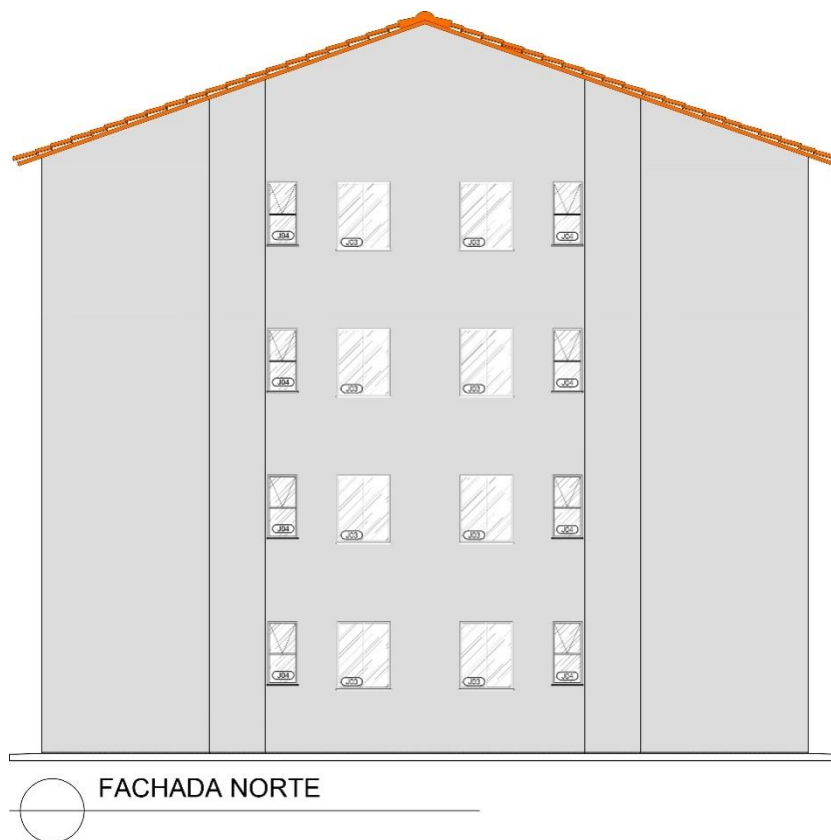
Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 53: Fachada Oeste no sistema de paredes de concreto pré-moldadas



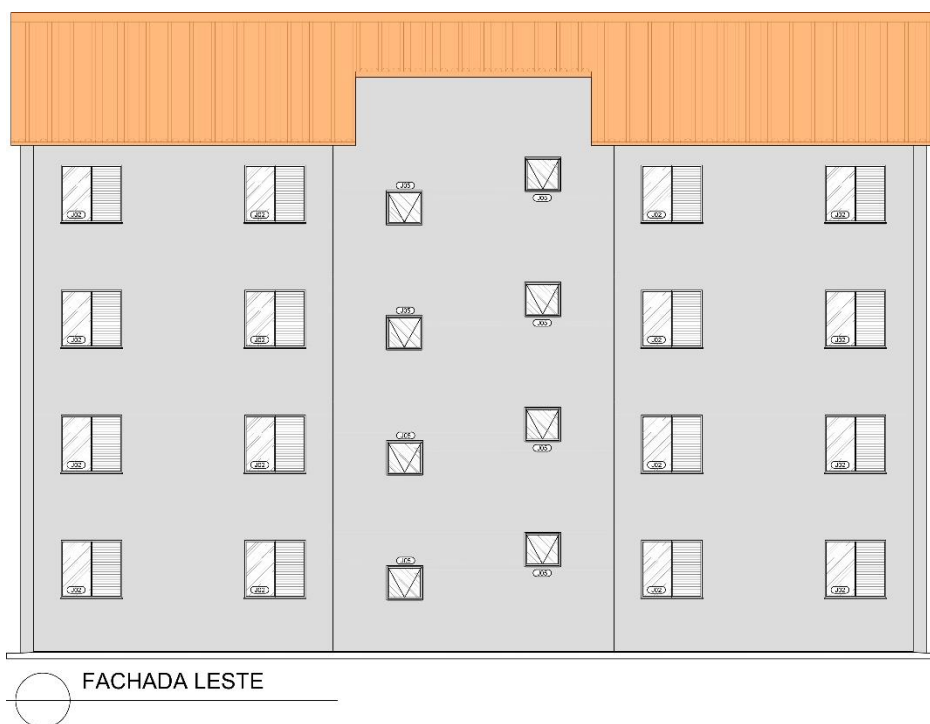
Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 54: Fachada Norte no sistema de paredes de concreto pré-moldadas



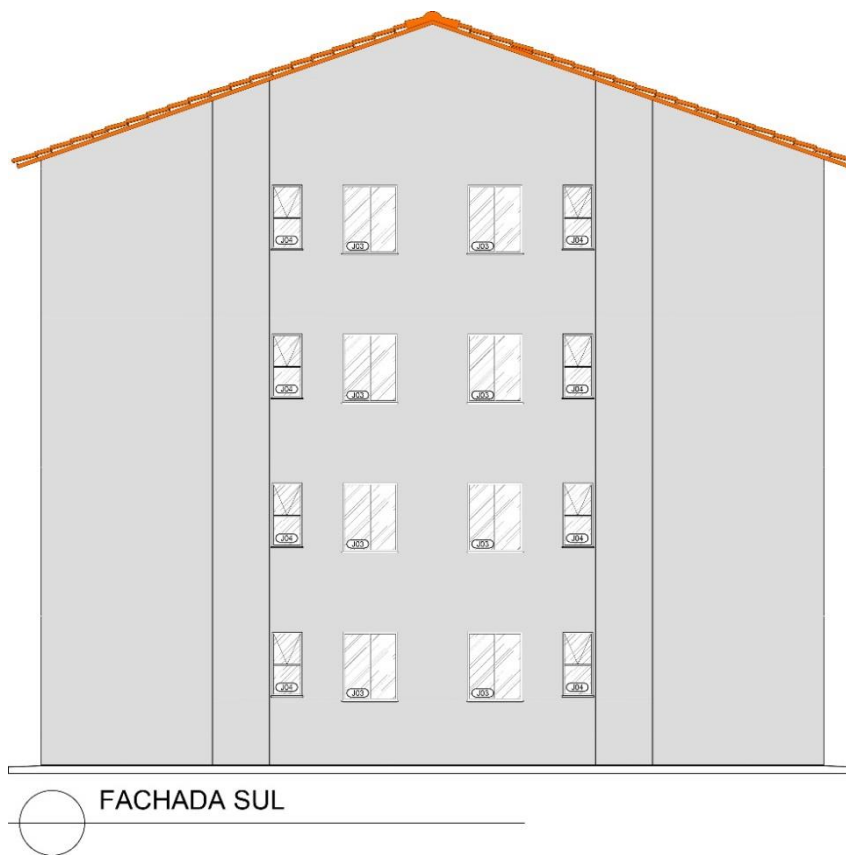
Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

Figura 55: Fachada Leste no sistema de paredes de concreto pré-moldadas



Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

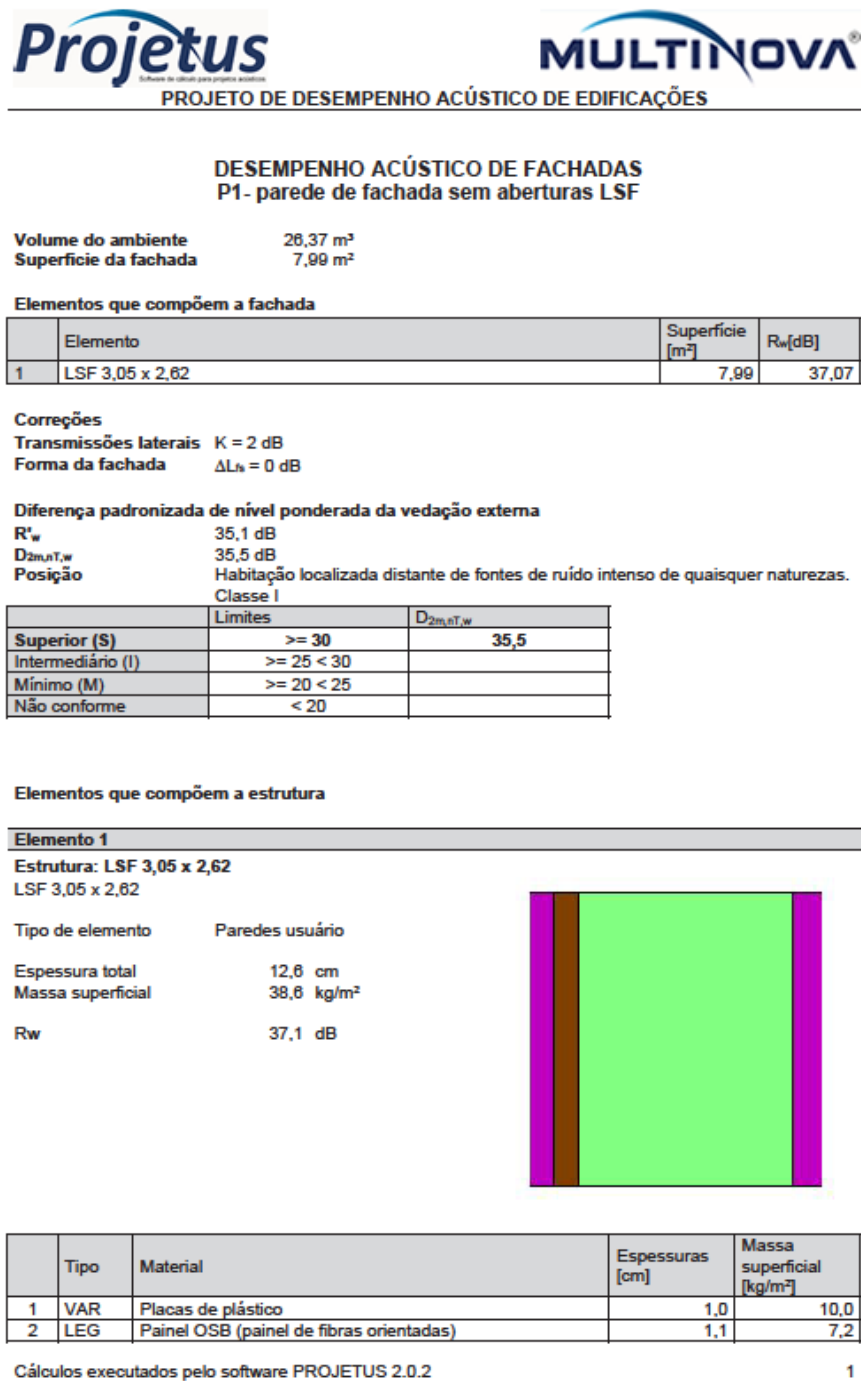
Figura 56: Fachada Sul no sistema de paredes de concreto pré-moldadas



Fonte: Caixa (2018) (Adaptado)

APÊNDICE A - RELATÓRIOS DAS SIMULAÇÕES PARA AS PAREDES DA SITUAÇÃO 1:LSF

Figura 57: Relatório das paredes da Situação 1: LSF



Fonte: PROJETUS 2.0.2 (2019)

Figura 58: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P1- parede de fachada sem aberturas LSF

Volume do ambiente 28,37 m³
Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,05 x 2,62	7,99	37,07

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 35,1 dB
D_{2m,nT,w} 35,5 dB
Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 35	35,5
Intermediário (I)	≥ 30 < 35	
Mínimo (M)	≥ 25 < 30	
Não conforme	< 25	

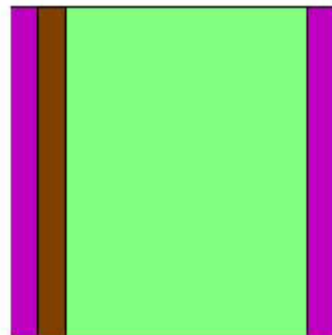
Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: LSF 3,05 x 2,62
LSF 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 12,6 cm
Massa superficial 38,6 kg/m²

R_w 37,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0
2	LEG	Painel OSB (painel de fibras orientadas)	1,1	7,2

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 59: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P1- parede de fachada sem aberturas LSF

Volume do ambiente 28,37 m³
Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,05 x 2,62	7,99	37,07

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB

Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 35,1 dB

D_{2m,nT,w} 35,5 dB

Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 40	
Intermediário (I)	≥ 35 < 40	35,5
Mínimo (M)	≥ 30 < 35	
Não conforme	< 30	

Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: LSF 3,05 x 2,62

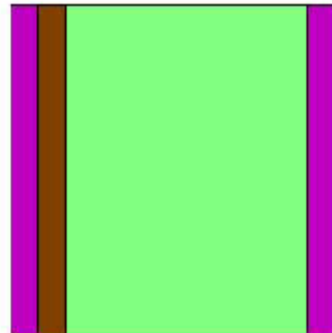
LSF 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 12,6 cm

Massa superficial 38,6 kg/m²

R_w 37,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0
2	LEG	Painel OSB (painel de fibras orientadas)	1,1	7,2

Cálculos executados pelo software PROJÉTUS 2.0.2

1

Figura 60: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P2 - parede de fachada com J1 LSF

Volume do ambiente 28,37 m³
Superfície da fachada 8,70 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,30 x 2,62	6,90	37,07
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

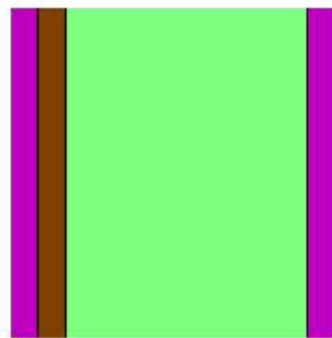
R'_w 34,2 dB
D_{2n,nt,w} 34,3 dB
Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.
Classe I

	Limites	D _{2n,nt,w}
Superior (S)	≥ 30	34,3
Intermediário (I)	≥ 25 < 30	
Mínimo (M)	≥ 20 < 25	
Não conforme	< 20	

Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: LSF 3,30 x 2,62
LSF 3,30 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 12,6 cm
Massa superficial 38,6 kg/m²
R_w 37,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 61: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P2 - parede de fachada com J1 LSF

Volume do ambiente 28,37 m³
Superfície da fachada 8,70 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,30 x 2,62	6,90	37,07
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

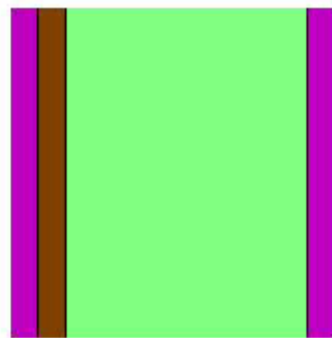
R'_w 34,2 dB
D_{2n,nt,w} 34,3 dB
Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2n,nt,w}
Superior (S)	>= 35	
Intermediário (I)	>= 30 < 35	34,3
Mínimo (M)	>= 25 < 30	
Não conforme	< 25	

Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: LSF 3,30 x 2,62
LSF 3,30 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 12,6 cm
Massa superficial 38,6 kg/m²
R_w 37,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 62: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P2 - parede de fachada com J1 LSF

Volume do ambiente 26,37 m³
Superfície da fachada 8,70 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,30 x 2,62	6,90	37,07
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

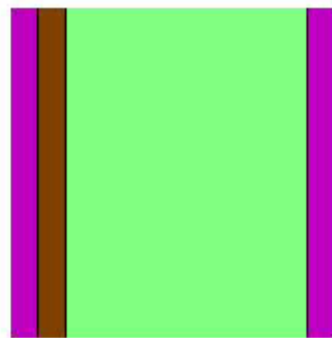
R'_w 34,2 dB
D_{2n,t,w} 34,3 dB
Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2n,t,w}
Superior (S)	>= 40	
Intermediário (I)	>= 35 < 40	
Mínimo (M)	>= 30 < 35	34,3
Não conforme	< 30	

Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: LSF 3,30 x 2,62
LSF 3,30 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 12,6 cm
Massa superficial 38,6 kg/m²
R_w 37,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 63: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P3 - parede de fachada com J1 LSF

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,92 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,00 x 2,62	6,12	37,07
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

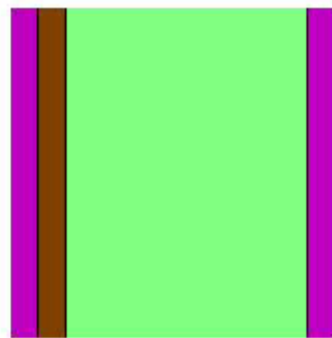
R'_w 34,2 dB
D_{2n,nT,w} 34,2 dB
Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.
Classe I

	Limites	D _{2n,nT,w}
Superior (S)	≥ 30	34,2
Intermediário (I)	≥ 25 < 30	
Mínimo (M)	≥ 20 < 25	
Não conforme	< 20	

Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: LSF 3,00 x 2,62
LSF 3,00 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 12,6 cm
Massa superficial 38,6 kg/m²
R_w 37,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 64: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P3 - parede de fachada com J1 LSF

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,92 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,00 x 2,62	6,12	37,07
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

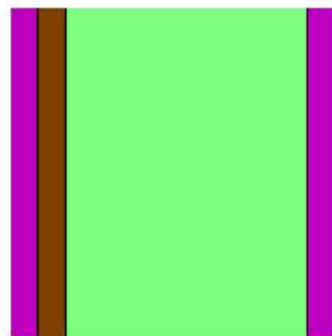
R'_w 34,2 dB
D_{2n,nT,w} 34,2 dB
Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2n,nT,w}
Superior (S)	>= 35	
Intermediário (I)	>= 30 < 35	34,2
Mínimo (M)	>= 25 < 30	
Não conforme	< 25	

Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: LSF 3,00 x 2,62
LSF 3,00 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 12,6 cm
Massa superficial 38,6 kg/m²
R_w 37,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 65: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P3 - parede de fachada com J1 LSF

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,92 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,00 x 2,62	6,12	37,07
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

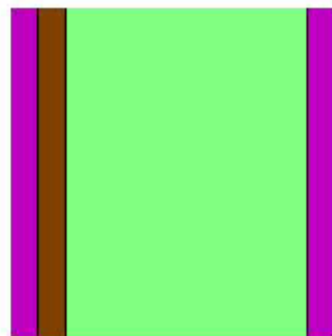
R'_w 34,2 dB
D_{2m,nT,w} 34,2 dB
Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	>= 40	
Intermediário (I)	>= 35 < 40	
Mínimo (M)	>= 30 < 35	34,2
Não conforme	< 30	

Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: LSF 3,00 x 2,62
LSF 3,00 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 12,6 cm
Massa superficial 38,6 kg/m²
R_w 37,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 66: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P4 - parede de fachada sem aberturas LSF

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,05 x 2,62	7,99	37,07

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 35,1 dB
D_{2m,nT,w} 35,1 dB
Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.
Classe I

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 30	35,1
Intermediário (I)	≥ 25 < 30	
Mínimo (M)	≥ 20 < 25	
Não conforme	< 20	

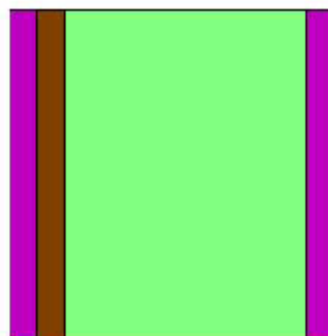
Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: LSF 3,05 x 2,62
LSF 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 12,6 cm
Massa superficial 38,6 kg/m²

R_w 37,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0
2	LEG	Painel OSB (painel de fibras orientadas)	1,1	7,2

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 67: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P4 - parede de fachada sem aberturas LSF

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,05 x 2,62	7,99	37,07

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 35,1 dB
D_{2m,nT,w} 35,1 dB
Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	>= 35	35,1
Intermediário (I)	>= 30 < 35	
Mínimo (M)	>= 25 < 30	
Não conforme	< 25	

Elementos que compõem a estrutura

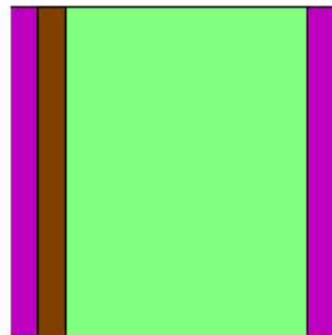
Elemento 1

Estrutura: LSF 3,05 x 2,62
LSF 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 12,6 cm
Massa superficial 38,6 kg/m²

R_w 37,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0
2	LEG	Painel OSB (painel de fibras orientadas)	1,1	7,2

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 68: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P4 - parede de fachada sem aberturas LSF

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,05 x 2,62	7,99	37,07

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 35,1 dB
D_{2m,nT,w} 35,1 dB
Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 40	
Intermediário (I)	≥ 35 < 40	35,1
Mínimo (M)	≥ 30 < 35	
Não conforme	< 30	

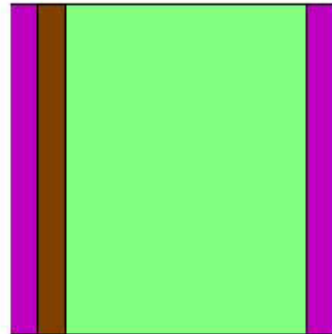
Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: LSF 3,05 x 2,62
LSF 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 12,6 cm
Massa superficial 38,6 kg/m²

R_w 37,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0
2	LEG	Painel OSB (painel de fibras orientadas)	1,1	7,2

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 69: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P5 - parede de fachada com J2 LSF

Volume do ambiente 35,26 m³
Superfície da fachada 6,35 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,90 x 2,62 (parede da sala)	4,25	37,07
2	J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki	2,10	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fa} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

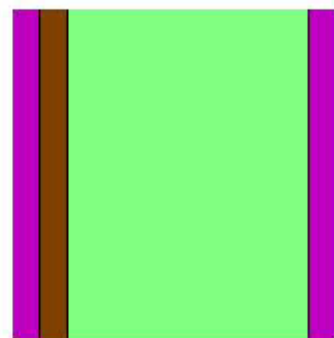
R'_w 33,8 dB
D_{2m,nT,w} 36,5 dB
Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.
Classe I

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 30	36,5
Intermediário (I)	≥ 25 < 30	
Mínimo (M)	≥ 20 < 25	
Não conforme	< 20	

Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: LSF 3,90 x 2,62 (parede da sala)
LSF 3,90 x 2,62 (parede da sala)

Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 12,6 cm
Massa superficial 38,6 kg/m²
R_w 37,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 70: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P5 - parede de fachada com J2 LSF

Volume do ambiente 35,26 m³
Superfície da fachada 6,35 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,90 x 2,62 (parede da sala)	4,25	37,07
2	J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki	2,10	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fa} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 33,8 dB
D_{2m,nT,w} 36,5 dB
Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

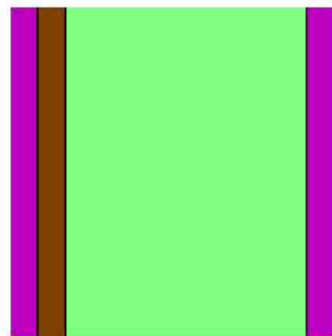
	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	>= 35	36,5
Intermediário (I)	>= 30 < 35	
Mínimo (M)	>= 25 < 30	
Não conforme	< 25	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: LSF 3,90 x 2,62 (parede da sala)
LSF 3,90 x 2,62 (parede da sala)

Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 12,6 cm
Massa superficial 38,6 kg/m²
R_w 37,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 71: Relatório das paredes da Situação 1: LSF

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P5 - parede de fachada com J2 LSF

Volume do ambiente 35,26 m³
Superfície da fachada 6,35 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	LSF 3,90 x 2,62 (parede da sala)	4,25	37,07
2	J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki	2,10	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fa} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

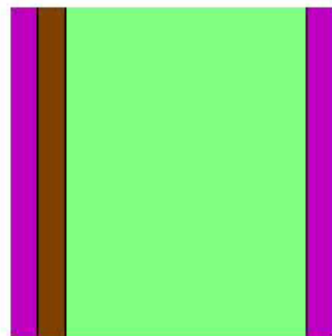
R'_w 33,8 dB
D_{2m,nT,w} 36,5 dB
Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	>= 40	
Intermediário (I)	>= 35 < 40	36,5
Mínimo (M)	>= 30 < 35	
Não conforme	< 30	

Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: LSF 3,90 x 2,62 (parede da sala)
LSF 3,90 x 2,62 (parede da sala)

Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 12,6 cm
Massa superficial 38,6 kg/m²
R_w 37,1 dB

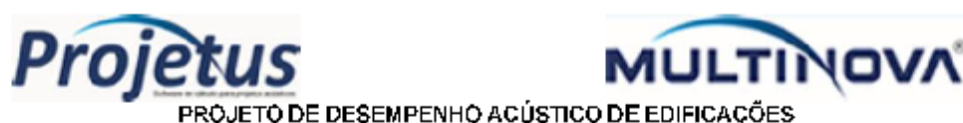


	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 72: Relatório das paredes da Situação 1: LSF



S-6		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	50,13
S-7		Ligação em cruz entre estruturas homogêneas e paredes leves, transmissão através de paredes leves	51,84
S-8		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	50,13

Diferença padronizada de nível ponderadaR_w 35,9 dBVolume do local 35,3 m³D_{nT,w} 37,6 dB

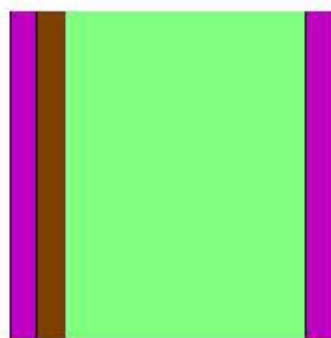
Posição Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório

	Limites	D _{nT,w}
Superior (S)	≥ 50	
Intermediária (I)	≥ 45 < 50	
Mínima (M)	≥ 40 < 45	
Não conforme	< 40	37,6

Elementos que compõem a estrutura**Divisões****Estrutura: LSF 3,00 x 2,62**

LSF 3,00 x 2,62

Tipo de elemento	Paredes usuário
Espessura total	12,6 cm
Massa superficial	38,8 kg/m ²
R _w	37,1 dB

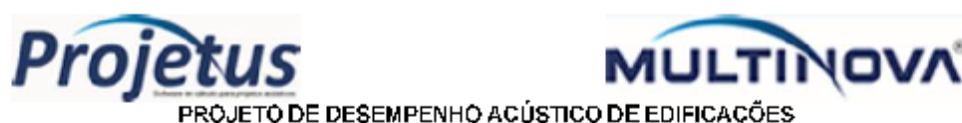


	Tipo	Material	Espossuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Placas de plástico	1,0	10,0
2	LEG	Painel OSB (painel de fibras orientadas)	1,1	7,2

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

3

Figura 73: Relatório das paredes da Situação 1: LSF



S-6		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	56,43
S-7		Ligação em cruz entre estruturas homogêneas e paredes leves, transmissão através de paredes leves	49,10
S-8		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	56,43

Diferença padronizada de nível ponderada

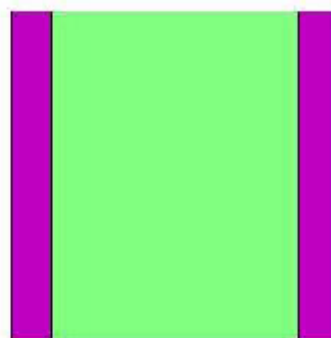
R_w	27,9 dB
Volume do local	26,4 m ³
D_{n,w}	28,3 dB
Posição	Parade entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório

	Limites	D _{n,w}
Superior (S)	≥ 55	
Intermediária (I)	≥ 50 < 55	
Mínima (M)	≥ 45 < 50	
Não conforme	< 45	28,3

Elementos que compõem a estrutura**Divisões****Estrutura: LSF 3,05 x 2,62 (drywall)**

LSF 3,05 x 2,62 (drywall)

Tipo de elemento	Paredes usuário
Espessura total	10,0 cm
Massa superficial	26,3 kg/m ²
R _w	26,1 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Gesso acartonado (densidade 900 kg/m ³)	1,3	11,3
2	ISO	Painel em lâmina de vidro (densidade 50 kg/m ³)	7,5	3,8

Cálculos executados pelo software PROJÉTUS 2.0.2

3

Figura 74: Relatório das paredes da Situação 1: LSF



S-6		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	56,43
S-7		Ligação em cruz entre estruturas homogêneas e paredes leves, transmissão através de paredes leves	49,10
S-8		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	56,43

Diferença padronizada de nível ponderada

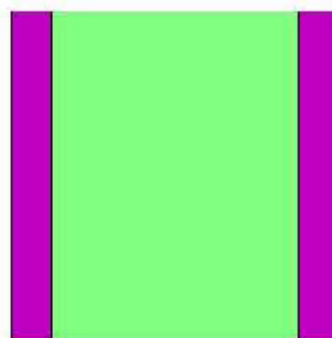
R_w	27,9 dB
Volume do local	24,0 m ³
D_{n,w}	27,9 dB
Posição	Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório

	Limites	D _{n,w}
Superior (S)	≥ 55	
Intermediária (I)	≥ 50 < 55	
Mínima (M)	≥ 45 < 50	
Não conforme	< 45	27,9

Elementos que compõem a estrutura**Divisões****Estrutura: LSF 3,05 x 2,62 (drywall)**

LSF 3,05 x 2,62 (drywall)

Tipo de elemento	Paredes usuário
Espessura total	10,0 cm
Massa superficial	26,3 kg/m ²
R _w	26,1 dB



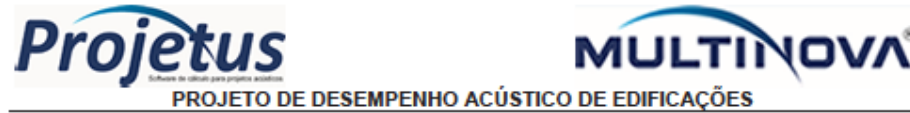
	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	VAR	Gesso acartonado (densidade 900 kg/m ³)	1,3	11,3
2	ISO	Painel em lâ de vidro (densidade 50 kg/m ³)	7,5	3,8

Cálculos executados pelo software PROJÉTUS 2.0.2

3

APÊNDICE B - RELATÓRIOS DAS SIMULAÇÕES PARA AS PAREDES DA SITUAÇÃO 2: CONCIN

Figura 75: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P1- parede de fachada sem aberturas CONCIN

Volume do ambiente 26,37 m³
Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,05 x 2,62	7,99	46,56

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_n = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 44,6 dB
D_{2m,eT,w} 45,0 dB
Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.
Classe I

	Limites	D _{2m,eT,w}
Superior (S)	>= 30	45,0
Intermediário (I)	>= 25 < 30	
Mínimo (M)	>= 20 < 25	
Não conforme	< 20	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCIN 3,05 x 2,62
CONCIN 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 230,0 kg/m²
R_w 46,6 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	CLS	Concreto armado (percentual de estrutura 1%)	10,0	230,0

Figura 76: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN

DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P1- parede de fachada sem aberturas CONCIN

Volume do ambiente 26,37 m³
Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,05 x 2,62	7,99	46,58

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 44,8 dB
D_{2m,nT,w} 45,0 dB
Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 35	45,0
Intermediário (I)	≥ 30 < 35	
Mínimo (M)	≥ 25 < 30	
Não conforme	< 25	

Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: **CONCIN 3,05 x 2,62**
CONCIN 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário

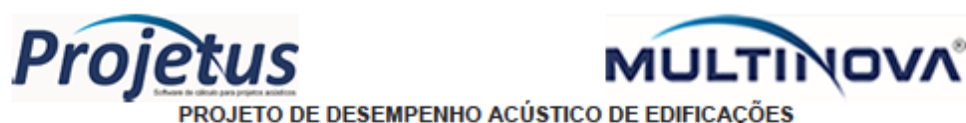
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 230,0 kg/m²

R_w 46,8 dB



	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	CLS	Concreto armado (percentual de estrutura 1%)	10,0	230,0

Figura 77: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P1- parede de fachada sem aberturas CONCIN

Volume do ambiente 26,37 m³
Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,05 x 2,62	7,99	46,56

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R_w 44,8 dB
D_{2m,0T,w} 45,0 dB
Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

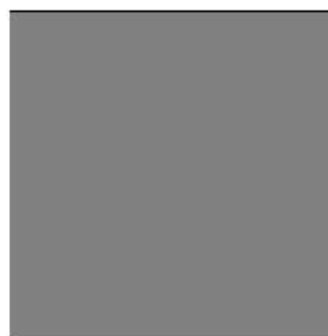
	Limites	D _{2m,0T,w}
Superior (S)	≥ 40	45,0
Intermediário (I)	$\geq 35 < 40$	
Mínimo (M)	$\geq 30 < 35$	
Não conforme	< 30	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCIN 3,05 x 2,62
CONCIN 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 230,0 kg/m²
R_w 46,8 dB

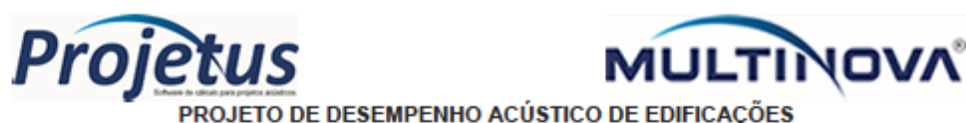


	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	CLS	Concreto armado (percentual de estrutura 1%)	10,0	230,0

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 78: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P2 - parede de fachada com J2 CONCIN

Volume do ambiente 26,37 m³
Superfície da fachada 8,70 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,30 x 2,62	6,90	46,56
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 38,0 dB
D_{2m,nT,w} 38,1 dB
Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.
Classe I

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 30	38,1
Intermediário (I)	$\geq 25 < 30$	
Mínimo (M)	$\geq 20 < 25$	
Não conforme	< 20	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCIN 3,30 x 2,62
CONCIN 3,30 x 2,62

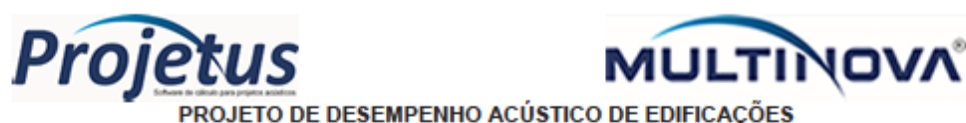
Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 230,0 kg/m²
R_w 46,6 dB

Elemento 2

Estrutura: J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki
J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 79: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P2 - parede de fachada com J2 CONCIN

Volume do ambiente 28,37 m³
Superfície da fachada 8,70 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,30 x 2,62	6,90	46,56
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 38,0 dB
D_{2m,nT,w} 38,1 dB
Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 35	38,1
Intermediário (I)	$\geq 30 < 35$	
Mínimo (M)	$\geq 25 < 30$	
Não conforme	< 25	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCIN 3,30 x 2,62
CONCIN 3,30 x 2,62

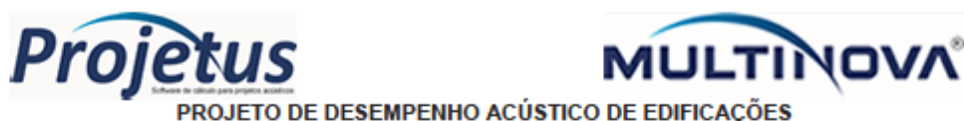
Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 230,0 kg/m²
R_w 46,6 dB

Elemento 2

Estrutura: J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki
J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 80: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P2 - parede de fachada com J2 CONCIN

Volume do ambiente 28,37 m³
Superfície da fachada 8,70 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,30 x 2,62	6,90	46,56
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 38,0 dB
D_{2m,nT,w} 38,1 dB
Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 40	
Intermediário (I)	$\geq 35 < 40$	38,1
Mínimo (M)	$\geq 30 < 35$	
Não conforme	< 30	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCIN 3,30 x 2,62
CONCIN 3,30 x 2,62

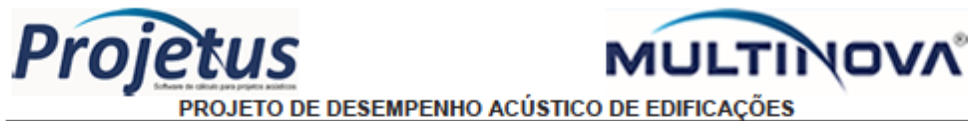
Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 230,0 kg/m²
R_w 46,6 dB

Elemento 2

Estrutura: J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki
J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 81: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P3 - parede de fachada com J2 CONCIN

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,92 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,00 x 2,62	6,12	46,56
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fb} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R^{*}_w 37,7 dB
D_{2n,rT,w} 37,7 dB
Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas. Classe I

	Limites	D _{2n,rT,w}
Superior (S)	≥ 30	37,7
Intermediário (I)	$\geq 25 < 30$	
Mínimo (M)	$\geq 20 < 25$	
Não conforme	< 20	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCIN 3,00 x 2,62
CONCIN 3,00 x 2,62

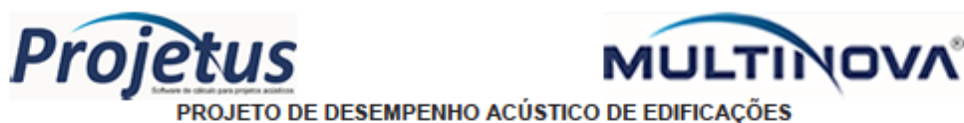
Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 230,0 kg/m²
R_w 46,6 dB

Elemento 2

Estrutura: J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki
J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 82: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P3 - parede de fachada com J2 CONCIN

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,92 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,00 x 2,62	6,12	46,56
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 37,7 dB
D_{2m,nT,w} 37,7 dB
Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 35	37,7
Intermediário (I)	$\geq 30 < 35$	
Mínimo (M)	$\geq 25 < 30$	
Não conforme	< 25	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCIN 3,00 x 2,62
CONCIN 3,00 x 2,62

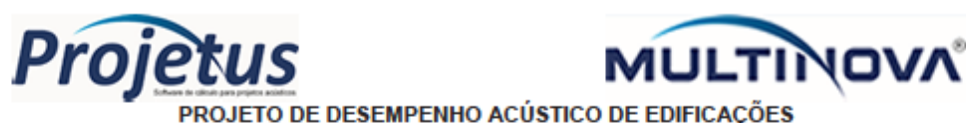
Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 230,0 kg/m²
R_w 46,6 dB

Elemento 2

Estrutura: J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki
J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 83: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P3 - parede de fachada com J2 CONCIN

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,92 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,00 x 2,62	6,12	46,56
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 37,7 dB
D_{2m,nT,w} 37,7 dB
Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 40	
Intermediário (I)	$\geq 35 < 40$	37,7
Mínimo (M)	$\geq 30 < 35$	
Não conforme	< 30	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCIN 3,00 x 2,62
CONCIN 3,00 x 2,62

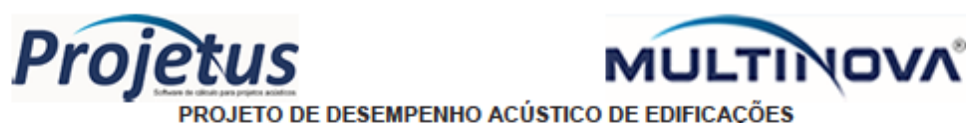
Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 230,0 kg/m²
R_w 46,6 dB

Elemento 2

Estrutura: J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki
J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 84: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P4 - parede de fachada sem aberturas CONCIN

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,05 x 2,62	7,99	46,56

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R_w 44,6 dB
D_{2m,nT,w} 44,6 dB
Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.
Classe I

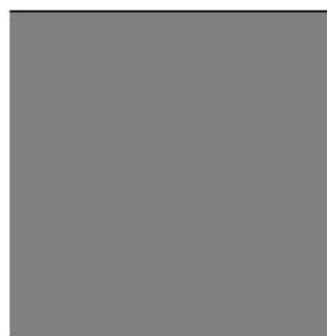
	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 30	44,6
Intermediário (I)	$\geq 25 < 30$	
Mínimo (M)	$\geq 20 < 25$	
Não conforme	< 20	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCIN 3,05 x 2,62
CONCIN 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 230,0 kg/m²
R_w 46,6 dB

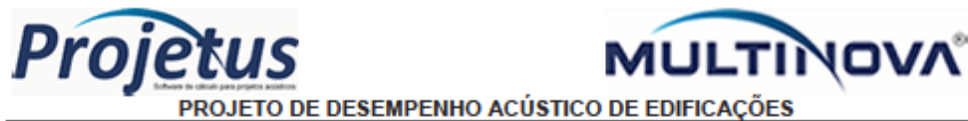


	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	CLS	Concreto armado (percentual de estrutura 1%)	10,0	230,0

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 85: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P4 - parede de fachada sem aberturas CONCIN

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,05 x 2,62	7,99	46,58

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 44,6 dB
D_{2m,nT,w} 44,6 dB
Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 35	44,6
Intermediário (I)	≥ 30 < 35	
Mínimo (M)	≥ 25 < 30	
Não conforme	< 25	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCIN 3,05 x 2,62
CONCIN 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 230,0 kg/m²

R_w 46,6 dB

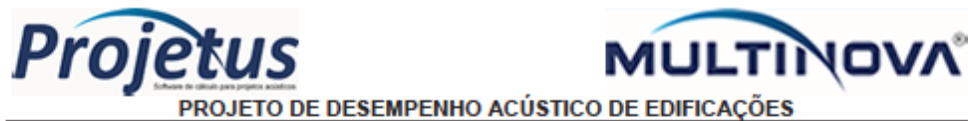


	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	CLS	Concreto armado (percentual de estrutura 1%)	10,0	230,0

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 86: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P4 - parede de fachada sem aberturas CONCIN

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,05 x 2,62	7,99	46,58

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R_w 44,6 dB
D_{2m,0T,w} 44,6 dB
Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2m,0T,w}
Superior (S)	≥ 40	44,6
Intermediário (I)	≥ 35 < 40	
Mínimo (M)	≥ 30 < 35	
Não conforme	< 30	

Elementos que compõem a estrutura**Elemento 1**

Estrutura: CONCIN 3,05 x 2,62
CONCIN 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 230,0 kg/m²

R_w 46,6 dB

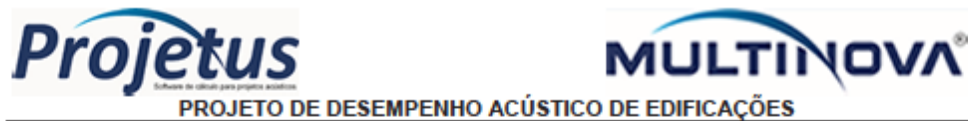


	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	CLS	Concreto armado (percentual de estrutura 1%)	10,0	230,0

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 87: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P5 - parede de fachada com J1 CONCIN

Volume do ambiente 35,26 m³
 Superfície da fachada 6,35 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,90 x 2,62 (parede da sala)	4,25	46,56
2	J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki	2,10	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
 Forma da fachada ΔL_{tr} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R^{*}_w 36,3 dB
 D_{2m,nT,w} 39,0 dB
 Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.
 Classe I

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 30	39,0
Intermediário (I)	≥ 25 < 30	
Mínimo (M)	≥ 20 < 25	
Não conforme	< 20	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCIN 3,90 x 2,62 (parede da sala)
 CONCIN 3,90 x 2,62 (parede da sala)

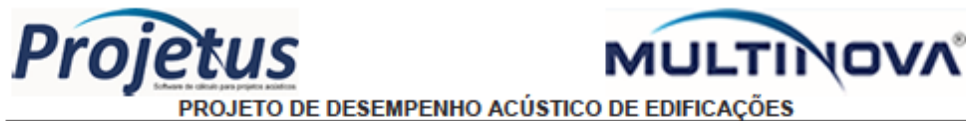
Tipo de elemento Paredes usuário
 Espessura total 10,0 cm
 Massa superficial 230,0 kg/m²
 R_w 46,6 dB

Elemento 2

Estrutura: J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki
 J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 88: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P5 - parede de fachada com J1 CONCIN

Volume do ambiente 35,26 m³
Superfície da fachada 6,35 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,90 x 2,62 (parede da sala)	4,25	46,56
2	J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki	2,10	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 36,3 dB
D_{2m,nT,w} 39,0 dB
Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 35	39,0
Intermediário (I)	$\geq 30 < 35$	
Mínimo (M)	$\geq 25 < 30$	
Não conforme	< 25	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCIN 3,90 x 2,62 (parede da sala)
CONCIN 3,90 x 2,62 (parede da sala)

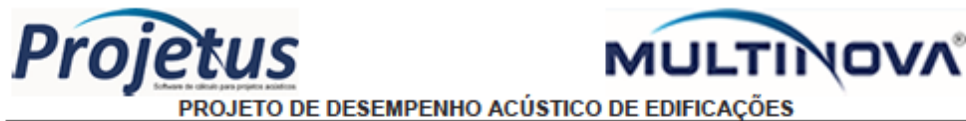
Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 230,0 kg/m²
R_w 46,6 dB

Elemento 2

Estrutura: J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki
J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 89: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P5 - parede de fachada com J1 CONCIN

Volume do ambiente 35,26 m³
 Superfície da fachada 6,35 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCIN 3,90 x 2,62 (parede da sala)	4,25	46,56
2	J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki	2,10	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
 Forma da fachada ΔL_{fa} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 36,3 dB
 D_{2m,nT,w} 39,0 dB
 Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	>= 40	
Intermediário (I)	>= 35 < 40	39,0
Mínimo (M)	>= 30 < 35	
Não conforme	< 30	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCIN 3,90 x 2,62 (parede da sala)
 CONCIN 3,90 x 2,62 (parede da sala)

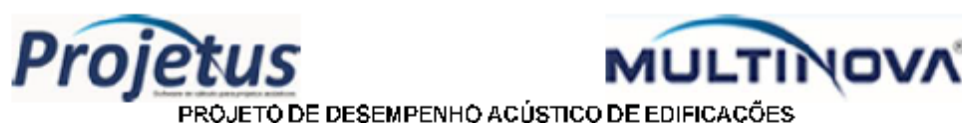
Tipo de elemento Paredes usuário
 Espessura total 10,0 cm
 Massa superficial 230,0 kg/m²
 R_w 46,6 dB

Elemento 2

Estrutura: J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki
 J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 90: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



S-6		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	60,13
S-7		Ligação em cruz entre estruturas homogêneas e paredes leves, transmissão através de paredes leves	61,34
S-8		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	60,13

Diferença padronizada de nível ponderadaR_w 44,9 dBVolume do local 35,3 m³D_{nT,w} 46,7 dB

Posição Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório

	Limites	D _{nT,w}
Superior (S)	≥ 50	
Intermediário (I)	≥ 45 < 50	46,7
Mínimo (M)	≥ 40 < 45	
Não conforme	< 40	

Elementos que compõem a estrutura**Divisões****Estrutura: CONCIN 3,00 x 2,62**

CONCIN 3,00 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 10,0 cm

Massa superficial 230,0 kg/m²R_w 46,6 dB**Elemento 1****Estrutura: CONCIN 3,90 x 2,62 (parede da sala)**

CONCIN 3,90 x 2,62 (parede da sala)

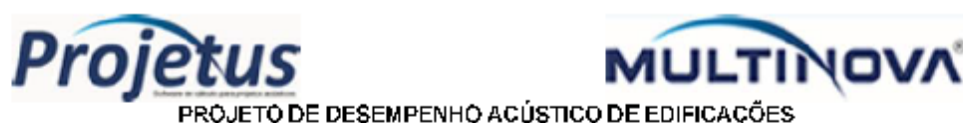
Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 10,0 cm

Cálculos executados pelo software PROJÉTUS 2.0.2

3

Figura 91: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



S-6		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	60,13
S-7		Ligação em cruz entre estruturas homogêneas e paredes leves, transmissão através de paredes leves	61,41
S-8		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	60,13

Diferença padronizada de nível ponderadaR_w 44,7 dBVolume do local 26,4 m³D_{nT,w} 45,1 dB

Posição Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório

	Limites	D _{nT,w}
Superior (S)	≥ 55	
Intermediária (I)	≥ 50 < 55	
Mínimo (M)	≥ 45 < 50	45,1
Não conforme	< 45	

Elementos que compõem a estrutura**Divisões****Estrutura: CONCIN 3,06 x 2,62**

CONCIN 3,05 x 2,62

Tipo de elemento	Paredes usuário
Espessura total	10,0 cm
Massa superficial	230,0 kg/m ²
R _w	46,6 dB

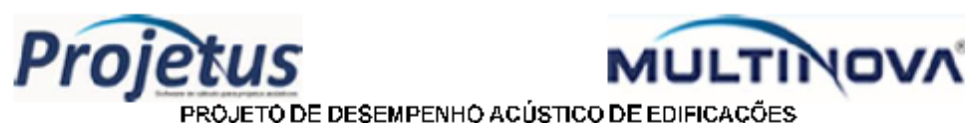


	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	CLS	Concreto amado (percentual de estrutura 1%)	10,0	230,0

Cálculos executados pelo software PROJÉTUS 2.0.2

3

Figura 92: Relatório das paredes da Situação 2: CONCIN



S-6		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	60,13
S-7		Ligação em cruz entre estruturas homogêneas e paredes leves, transmissão através de paredes leves	61,41
S-8		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	60,13

Diferença padronizada de nível ponderadaR_w 44,7 dBVolume do local 24,0 m³D_{nT,w} 44,7 dB

Posição Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório

	Limites	D _{nT,w}
Superior (S)	≥ 55	
Intermediária (I)	≥ 50 < 55	
Mínima (M)	≥ 45 < 50	
Não conforme	< 45	44,7

Elementos que compõem a estrutura**Divisões****Estrutura: CONCIN 3,06 x 2,62**

CONCIN 3,05 x 2,62

Tipo de elemento	Paredes usuário
Espessura total	10,0 cm
Massa superficial	230,0 kg/m ²
R _w	46,6 dB



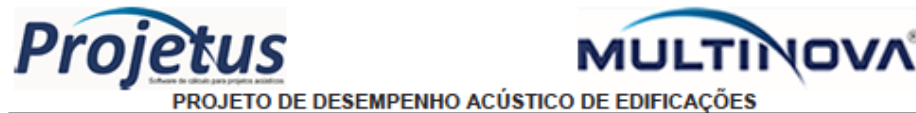
	Tipo	Material	Espessuras [cm]	Massa superficial [kg/m ²]
1	CLS	Concreto amado (percentual de estrutura 1%)	10,0	230,0

Cálculos executados pelo software PROJÉTUS 2.0.2

3

APÊNDICE C - RELATÓRIOS DAS SIMULAÇÕES PARA AS PAREDES DA SITUAÇÃO 3: CONCPRE

Figura 93: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P1- parede de fachada sem aberturas CONCPRE

Volume do ambiente 26,37 m³
Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCPRE 3,05 x 2,62	7,99	39,37

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_n = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 37,4 dB
D_{2m,eT,w} 37,8 dB
Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.
Classe I

	Limites	D _{2m,eT,w}
Superior (S)	≥ 30	37,8
Intermediário (I)	$\geq 25 < 30$	
Mínimo (M)	$\geq 20 < 25$	
Não conforme	< 20	

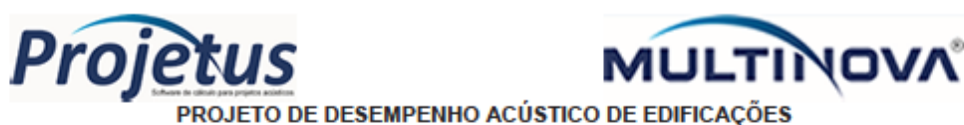
Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCPRE 3,05 x 2,62
CONCPRE 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 147,9 kg/m²
R_w 39,4 dB

Figura 94: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P1- parede de fachada sem aberturas CONCPRE

Volume do ambiente 28,37 m³
 Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCPRE 3,05 x 2,62	7,99	39,37

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
 Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 37,4 dB
 D_{2m,nT,w} 37,8 dB
 Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	>= 35	37,8
Intermediário (I)	>= 30 < 35	
Mínimo (M)	>= 25 < 30	
Não conforme	< 25	

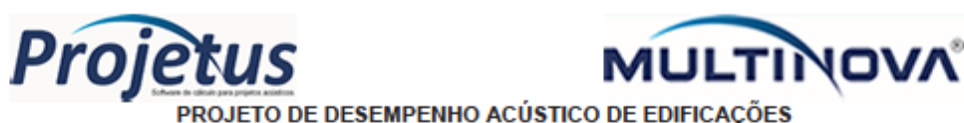
Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCPRE 3,05 x 2,62
 CONCPRE 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
 Espessura total 10,0 cm
 Massa superficial 147,9 kg/m²
 R_w 39,4 dB

Figura 95: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P1- parede de fachada sem aberturas CONCPRE

Volume do ambiente 26,37 m³
 Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCPRE 3,05 x 2,62	7,99	39,37

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
 Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 37,4 dB
 D_{2m,nT,w} 37,8 dB
 Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	>= 40	
Intermediário (I)	>= 35 < 40	37,8
Mínimo (M)	>= 30 < 35	
Não conforme	< 30	

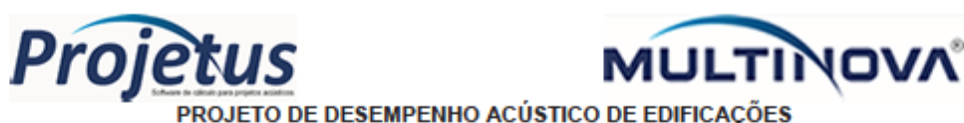
Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCPRE 3,05 x 2,62
 CONCPRE 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
 Espessura total 10,0 cm
 Massa superficial 147,9 kg/m²
 R_w 39,4 dB

Figura 96: Relatório das paredes da Situação 1: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P2 - parede de fachada com J1 CONCPRE

Volume do ambiente 28,37 m³
Superfície da fachada 8,70 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCPRE 3,30 x 2,62	6,90	39,37
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 35,6 dB
D_{2m,nT,w} 35,6 dB
Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.
Classe I

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 30	35,6
Intermediário (I)	$\geq 25 < 30$	
Mínimo (M)	$\geq 20 < 25$	
Não conforme	< 20	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCPRE 3,30 x 2,62
CONCPRE 3,30 x 2,62

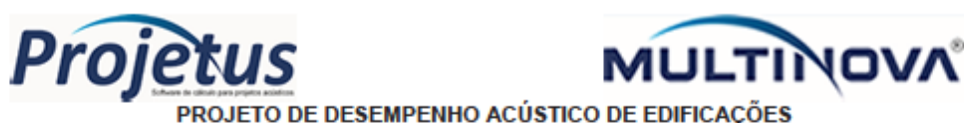
Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 147,9 kg/m²
R_w 39,4 dB

Elemento 2

Estrutura: J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki
J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 97: Relatório das paredes da Situação 1: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P2 - parede de fachada com J1 CONCPRE

Volume do ambiente 28,37 m³
Superfície da fachada 8,70 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCPRE 3,30 x 2,62	6,90	39,37
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 35,6 dB
D_{2m,nT,w} 35,6 dB
Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 35	35,6
Intermediário (I)	$\geq 30 < 35$	
Mínimo (M)	$\geq 25 < 30$	
Não conforme	< 25	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCPRE 3,30 x 2,62
CONCPRE 3,30 x 2,62

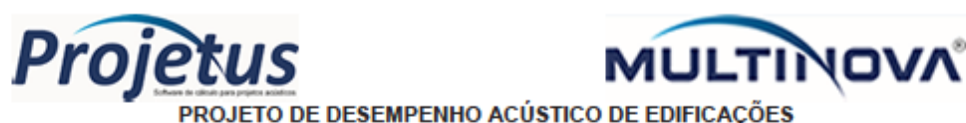
Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 147,9 kg/m²
R_w 39,4 dB

Elemento 2

Estrutura: J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki
J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 98: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P2 - parede de fachada com J1 CONCPRE

Volume do ambiente 28,37 m³
Superfície da fachada 8,70 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCPRE 3,30 x 2,62	6,90	39,37
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 35,6 dB
D_{2m,nT,w} 35,6 dB
Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 40	
Intermediário (I)	$\geq 35 < 40$	35,6
Mínimo (M)	$\geq 30 < 35$	
Não conforme	< 30	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCPRE 3,30 x 2,62
CONCPRE 3,30 x 2,62

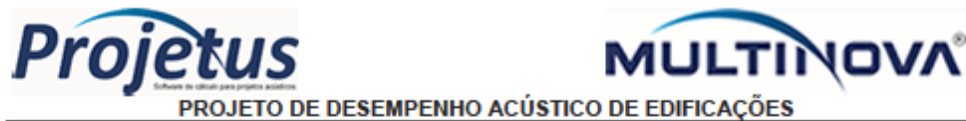
Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 147,9 kg/m²
R_w 39,4 dB

Elemento 2

Estrutura: J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki
J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 99: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P3 - parede de fachada com J1 CONCPRE

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,92 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCPRE 3,00 x 2,62	6,12	39,37
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 35,5 dB
D_{2m,nT,w} 35,5 dB
Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.
Classe I

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 30	35,5
Intermediário (I)	$\geq 25 < 30$	
Mínimo (M)	$\geq 20 < 25$	
Não conforme	< 20	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCPRE 3,00 x 2,62
CONCPRE 3,00 x 2,62

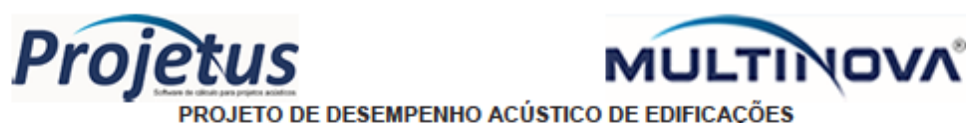
Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 147,9 kg/m²
R_w 39,4 dB

Elemento 2

Estrutura: J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki
J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 100: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P3 - parede de fachada com J1 CONCPRE

Volume do ambiente 23,97 m³
Superfície da fachada 7,92 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCPRE 3,00 x 2,62	6,12	39,37
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 35,5 dB
D_{2m,nT,w} 35,5 dB
Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 35	35,5
Intermediário (I)	$\geq 30 < 35$	
Mínimo (M)	$\geq 25 < 30$	
Não conforme	< 25	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCPRE 3,00 x 2,62
CONCPRE 3,00 x 2,62

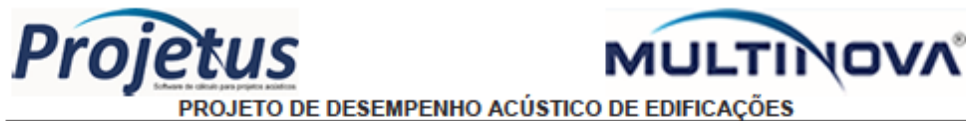
Tipo de elemento Paredes usuário
Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 147,9 kg/m²
R_w 39,4 dB

Elemento 2

Estrutura: J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki
J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 101: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P3 - parede de fachada com J1 CONCPRE

Volume do ambiente 23,97 m³
 Superfície da fachada 7,92 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCPRE 3,00 x 2,62	6,12	39,37
2	J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki	1,80	34,00

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
 Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 35,5 dB
 D_{2m,nT,w} 35,5 dB
 Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	>= 40	
Intermediário (I)	>= 35 < 40	35,5
Mínimo (M)	>= 30 < 35	
Não conforme	< 30	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCPRE 3,00 x 2,62
 CONCPRE 3,00 x 2,62

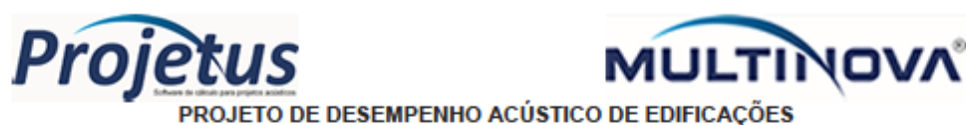
Tipo de elemento Paredes usuário
 Espessura total 10,0 cm
 Massa superficial 147,9 kg/m²
 R_w 39,4 dB

Elemento 2

Estrutura: J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki
 J02 - 2 folhas de correr 1,20 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

Figura 102: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P4 - parede de fachada sem aberturas CONCPRE

Volume do ambiente 23,97 m³
 Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCPRE 3,05 x 2,62	7,99	39,37

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
 Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 37,4 dB
 D_{2m,n,T,w} 37,4 dB
 Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.
 Classe I

	Limites	D _{2m,n,T,w}
Superior (S)	≥ 30	37,4
Intermediário (I)	≥ 25 < 30	
Mínimo (M)	≥ 20 < 25	
Não conforme	< 20	

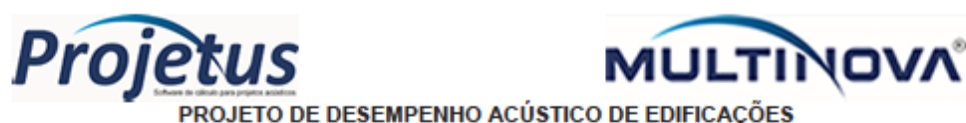
Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCPRE 3,05 x 2,62
 CONCPRE 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
 Espessura total 10,0 cm
 Massa superficial 147,9 kg/m²
 R_w 39,4 dB

Figura 103: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P4 - parede de fachada sem aberturas CONCPRE

Volume do ambiente 23,97 m³
 Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCPRE 3,05 x 2,62	7,99	39,37

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
 Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 37,4 dB
 D_{2m,n,T,w} 37,4 dB
 Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2m,n,T,w}
Superior (S)	≥ 35	37,4
Intermediário (I)	≥ 30 < 35	
Mínimo (M)	≥ 25 < 30	
Não conforme	< 25	

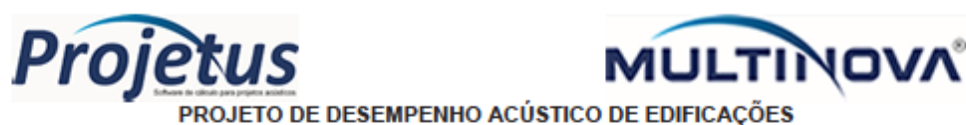
Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCPRE 3,05 x 2,62
 CONCPRE 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
 Espessura total 10,0 cm
 Massa superficial 147,9 kg/m²
 R_w 39,4 dB

Figura 104: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS
P4 - parede de fachada sem aberturas CONCPRE

Volume do ambiente 23,97 m³
 Superfície da fachada 7,99 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	CONCPRE 3,05 x 2,62	7,99	39,37

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
 Forma da fachada ΔL_{fs} = 0 dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 37,4 dB
 D_{2m,nT,w} 37,4 dB
 Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	>= 40	
Intermediário (I)	>= 35 < 40	37,4
Mínimo (M)	>= 30 < 35	
Não conforme	< 30	

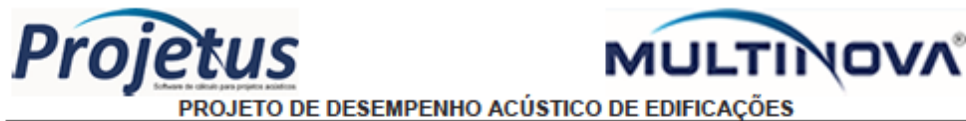
Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: CONCPRE 3,05 x 2,62
 CONCPRE 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário
 Espessura total 10,0 cm
 Massa superficial 147,9 kg/m²
 R_w 39,4 dB

Figura 105: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P5 - parede de fachada com J1 CONCPRE

Volume do ambiente 35,26 m³
Superfície da fachada 6,35 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki	2,10	34,00
2	CONCPRE 3,90 x 2,62 (parede da sala)	4,25	39,37

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 34,8 dB
D_{2m,nT,w} 37,5 dB
Posição Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.
Classe I

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 30	37,5
Intermediário (I)	$\geq 25 < 30$	
Mínimo (M)	$\geq 20 < 25$	
Não conforme	< 20	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki

J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

R_w 34,0 dB

Elemento 2

Estrutura: CONCPRE 3,90 x 2,62 (parede da sala)

CONCPRE 3,90 x 2,62 (parede da sala)

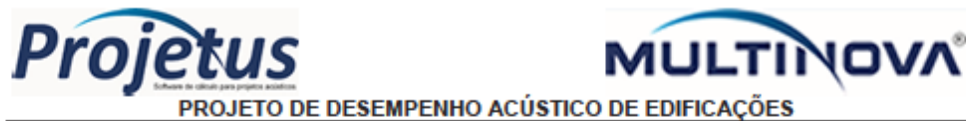
Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 147,9 kg/m²

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 106: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P5 - parede de fachada com J1 CONCPRE

Volume do ambiente 35,26 m³
Superfície da fachada 6,35 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki	2,10	34,00
2	CONCPRE 3,90 x 2,62 (parede da sala)	4,25	39,37

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 34,8 dB
D_{2m,nT,w} 37,5 dB
Posição Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 35	37,5
Intermediário (I)	$\geq 30 < 35$	
Mínimo (M)	$\geq 25 < 30$	
Não conforme	< 25	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki

J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

R_w 34,0 dB

Elemento 2

Estrutura: CONCPRE 3,90 x 2,62 (parede da sala)

CONCPRE 3,90 x 2,62 (parede da sala)

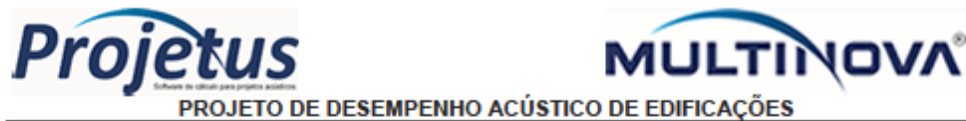
Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 147,9 kg/m²

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 107: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS P5 - parede de fachada com J1 CONCPRE

Volume do ambiente 35,26 m³
Superfície da fachada 6,35 m²

Elementos que compõem a fachada

	Elemento	Superfície [m ²]	R _w [dB]
1	J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki	2,10	34,00
2	CONCPRE 3,90 x 2,62 (parede da sala)	4,25	39,37

Correções

Transmissões laterais K = 2 dB
Forma da fachada $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa

R'_w 34,8 dB
D_{2m,nT,w} 37,5 dB
Posição Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

	Limites	D _{2m,nT,w}
Superior (S)	≥ 40	
Intermediário (I)	$\geq 35 < 40$	37,5
Mínimo (M)	$\geq 30 < 35$	
Não conforme	< 30	

Elementos que compõem a estrutura

Elemento 1

Estrutura: J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki

J01 - 2 folhas de correr 1,40 x 1,50 Sasazaki

Tipo de elemento Esquadrias usuário

R_w 34,0 dB

Elemento 2

Estrutura: CONCPRE 3,90 x 2,62 (parede da sala)

CONCPRE 3,90 x 2,62 (parede da sala)

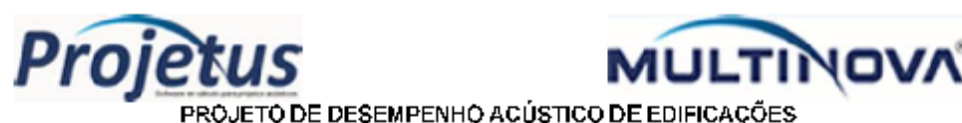
Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 10,0 cm
Massa superficial 147,9 kg/m²

Cálculos executados pelo software PROJETUS 2.0.2

1

Figura 108: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



S-6		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	56,82
S-7		Ligação em cruz entre estruturas homogêneas e paredes leves, transmissão através de paredes leves	54,14
S-8		Ligação rígida em cruz de estruturas homogêneas	56,82

Diferença padronizada de nível ponderada

R_w	38,2 dB
Volume do local	35,3 m ³
D_{nT,w}	40,0 dB
Posição	Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório

	Limites	D _{nT,w}
Superior (S)	≥ 50	
Intermediária (I)	≥ 45 < 50	
Mínima (M)	≥ 40 < 45	
Não conforme	< 40	40,0

Elementos que compõem a estrutura**Divisões**

Estrutura: CONCPRE 3,00 x 2,62
CONCPRE 3,00 x 2,62

Tipo de elemento	Paredes usuário
Espessura total	10,0 cm
Massa superficial	127,9 kg/m ²
R _w	39,4 dB

**Elemento 1**

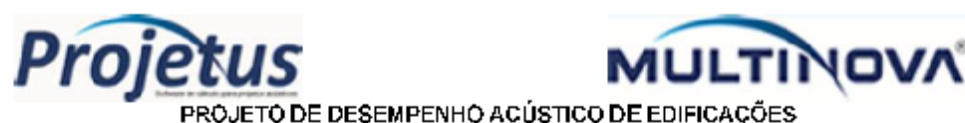
Estrutura: CONCPRE 3,90 x 2,62 (parede da sala)
CONCPRE 2,80 x 2,62 (parede da sala)

Tipo de elemento	Paredes usuário
Espessura total	10,0 cm

Cálculos executados pelo software PROJÉTUS 2.0.2

3

Figura 109: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



S-6		Ligação em cruz entre estruturas homogêneas e paredes leves, transmissão através de paredes leves	60,11
S-7		Ligação em cruz entre estruturas homogêneas e paredes leves, transmissão através de paredes leves	54,21
S-8		Ligação em cruz entre estruturas homogêneas e paredes leves, transmissão através de paredes leves	60,11

Diferença padronizada de nível ponderadaR_w 38,4 dBVolume do local 26,4 m³D_{n,w} 38,8 dB

Posição Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório

	Limites	D _{n,w}
Superior (S)	≥ 55	
Intermediária (I)	≥ 50 < 55	
Mínima (M)	≥ 45 < 50	
Não conforme	< 45	38,8

Elementos que compõem a estrutura**Divisões****Estrutura: CONCPRE 3,05 x 2,62**

CONCPRE 3,05 x 2,62

Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 10,0 cm

Massa superficial 147,9 kg/m²R_w 38,4 dB**Elemento 1****Estrutura: CONCPRE 3,00 x 2,62**

CONCPRE 3,00 x 2,62

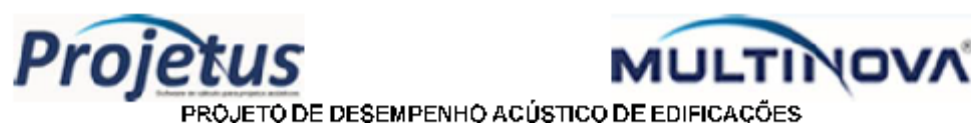
Tipo de elemento Paredes usuário

Espessura total 10,0 cm

Cálculos executados pelo software PROJÉTUS 2.0.2

3

Figura 110: Relatório das paredes da Situação 3: CONCPRE



S-6		Ligação em cruz entre estruturas homogêneas e paredes leves, transmissão através de paredes leves	60,11
S-7		Ligação em cruz entre estruturas homogêneas e paredes leves, transmissão através de paredes leves	54,21
S-6		Ligação em cruz entre estruturas homogêneas e paredes leves, transmissão através de paredes leves	60,11

Diferença padronizada de nível ponderada

R_w	38,4 dB
Volume do local	24,0 m ³
D_{nT,w}	38,4 dB
Posição	Parade entre unidades habitacionais autônomas (parade de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório

	Límites	D _{nT,w}
Superior (S)	>= 55	
Intermediária (I)	>= 50 < 55	
Mínimo (M)	>= 45 < 50	
Não conforme	< 45	38,4

Elementos que compõem a estrutura**Divisões**

Estrutura: CONCPRE 3,05 x 2,62
CONCPRE 3,05 x 2,62

Tipo de elemento	Paredes usuário
Espessura total	10,0 cm
Massa superficial	147,9 kg/m ²
R _w	38,4 dB

**Elemento 1**

Estrutura: CONCPRE 3,00 x 2,62
CONCPRE 3,00 x 2,62

Tipo de elemento	Paredes usuário
Espessura total	10,0 cm

Cálculos executados pelo software PROJÉTUS 2.0.2

3