

Em parceria com:



**Prof .Daniel Tregnago Pagnussat, Dr.
UFRGS/CLN**



RESULTADOS DE ENSAIOS DE DESEMPENHO DE ALVENARIAS DE BLOCOS DE CONCRETO

Prof. Daniel Tregnago Pagnussat, Dr.

PROFESSOR UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS/CLN)

Professor da UCS – Universidade de Caxias do Sul/RS (2009 – 2016)

Professor UNISINOS – Universidade do Vale do Sinos/RS (2013 – 2016)

Professor convidado IPOG – MBA Tecnologia e Gestão de Obras (2013 – 2016)

Responsável Técnico do LBTEC/UCS – Laboratório de Tecnologia Construtiva
(2010 – 2015)

Sócio da GGARLET Engenharia e Consultoria

Área de atuação: consultoria em acompanhamento de obras de alvenaria estrutural; revestimentos de argamassa; dosagem de concretos; laudo técnico de patologia das construções; aproveitamento de resíduos em materiais;

NOVOS (?) PARADIGMAS

- VIDA ÚTIL
- DURABILIDADE
- DESEMPENHO

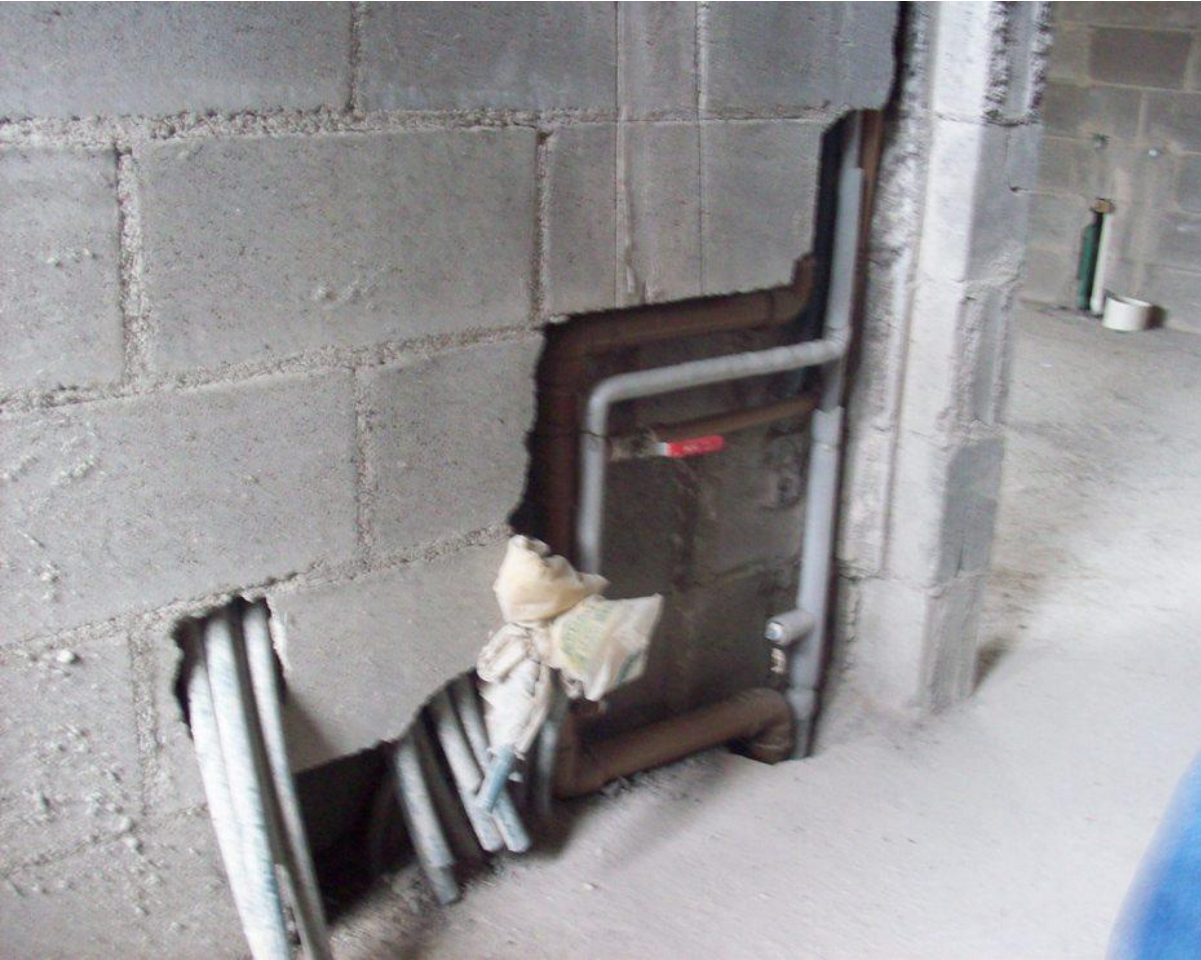


Perguntas fundamentais

- Como estamos construindo alvenarias?



SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS CONHECIMENTO TÉCNICO





SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS CONHECIMENTO TÉCNICO





Principais problemas associados a alvenarias

- PROBLEMAS DE PROJETO;
- PROBLEMAS NA ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS;
- PROBLEMAS EXECUTIVOS;
- PROBLEMAS DE USO E OPERAÇÃO.



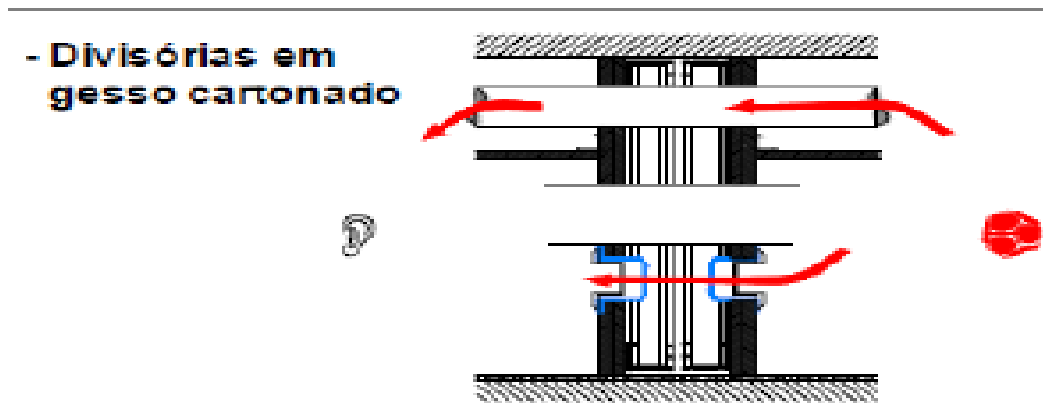
PROBLEMAS EXECUTIVOS QUE AFETAM O DESEMPENHO DE PAREDES DIVISÓRIAS

- Adoção de juntas secas nas alvenarias;
- Pequenas frestas podem reduzir o desempenho em até 30%



PROBLEMAS EXECUTIVOS QUE AFETAM O DESEMPENHO DE PAREDES DIVISÓRIAS

- Falta de compatibilização entre projetos (Ex. Alvenaria X Elétrica)



14.2 Requisito – Vida útil de projeto do edifício e dos sistemas que o compõem

Projetar os sistemas da edificação de acordo com valores teóricos preestabelecidos de Vida Útil de Projeto

14.2.1 Critério – Vida Útil de Projeto

O projeto deve especificar o valor teórico para a Vida Útil de Projeto (VUP) para cada um dos sistemas que o compõem, não inferiores aos estabelecidos na Tabela 14.1, e deve ser elaborado para que os sistemas tenham uma durabilidade potencial compatível com a Vida Útil de Projeto (VUP).

Tabela 14.1* — Vida Útil de Projeto (VUP)

Sistema	VUP mínima anos
Estrutura	≥ 50 segundo ABNT NBR 8681-2003
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

* Considerando periodicidade e processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à norma NBR 5674.

ALVENARIAS EM BLOCOS DE CONCRETO – ANÁLISE DE DESEMPENHO A PARTIR DAS PRESCRIÇÕES DA NBR 15.575

Trabalho promovido pela BlocoBrasil e ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

Entidades envolvidas:

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Universidade de Caxias do Sul (UCS)

Universidade do Vale do Rio Dos Sinos (UNISINOS)

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

MANUAL DE DESEMPENHO

- UFRGS
- UFSC
- UNISINOS
- UCS



Manual de desempenho

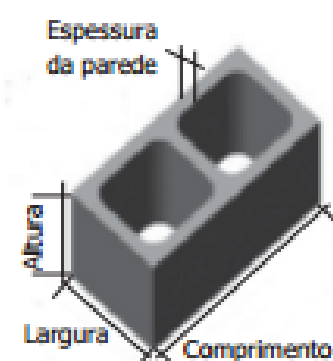
Alvenaria de Blocos de Concreto

Guia para atendimento
à Norma ABNT 15575



Caracterização dos Blocos

Tabela 1 – Famílias modulares e Dimensões nominais dos blocos (ABNT NBR 6136)

Família (largura x comprimento) (medidas modulares)		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40		
	Largura	190	140		115			90		65		
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190		
	Medida Nominal (mm)	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
			Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
			2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
			1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
			Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
			Amarração	-	540	440	-	365	-	-	290	-
			Compensador	90	90	-	90	-	-	90	-	90
			Compensador	40	40	-	40	-	-	40	-	40
			Canaleta	390	390	290	390	240	365	390	290	-
Meia canaleta			190	190	140	190	115	-	190	140	-	

Tolerâncias: $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento.

As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.

Caracterização dos Blocos

Tabela 2 - Resistência característica à compressão, Absorção de água e Retração por secagem (ABNT NBR 6136)

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial ^a - f_{ck} (MPa)	Absorção de água (%)				Retração por secagem ^d (%)
			Agregado normal ^b		Agregado leve ^c		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{ck} \geq 8,0$	$\leq 8,0$	$\leq 6,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \geq f_{ck} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 8,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{ck} \geq 3,0$	$\leq 12,0$	$\leq 10,0$			

^a Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.

^b Blocos fabricados com agregado normal.

^c Blocos fabricados com agregado leve.

^d Ensaio facultativo.

DESEMPENHO TÉRMICO: PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO E CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

Prof. Eng. Daniel Tregnago Pagnussat, Dr.

Prof^ª. Arq. Maria Fernanda de Oliveira Nunes, Dr^ª.

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

NBR 15.575 – PARTES REFERENCIAIS

- Parte 1: Requisitos gerais
- Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos
- Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE

NBR 15.220 – PARTES REFERENCIAIS

- Parte 2: Desempenho térmico de edificações

Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações

- Parte 3: Desempenho térmico de edificações

Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social

MÉTODOS DE VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO

a) Procedimento 1 – Simplificado (normativo):

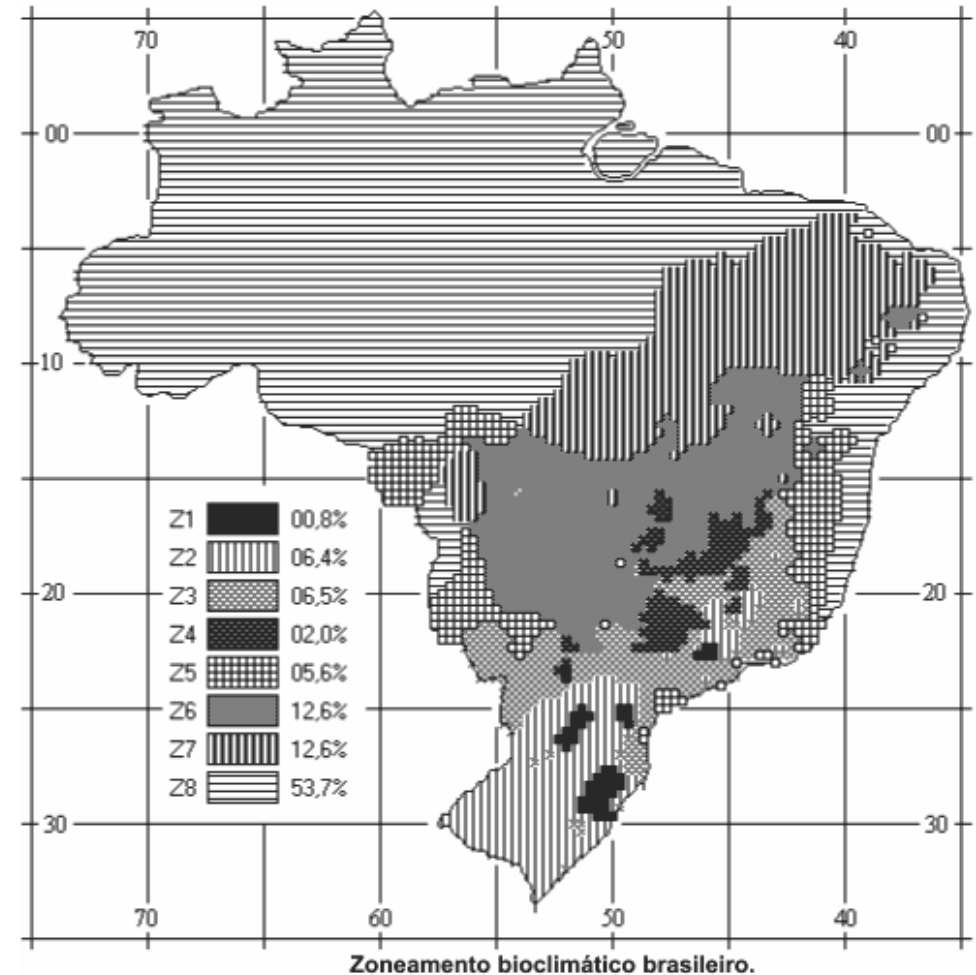
- *atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas, conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5. Para os casos em que a avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5, resultem em desempenho térmico insatisfatório, o projetista deve avaliar o desempenho térmico da edificação como um todo pelo método da simulação computacional.*
- *cálculo conforme a ABNT NBR 15220-2.*

b) Procedimento 2 – Medição (informativo, Anexo A):

- *verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos nesta Norma, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos. Este método é de caráter meramente informativo e não se sobrepõe aos procedimentos do item a.*

DESEMPENHO TÉRMICO – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

- Localização geográfica da cidade e dados climáticos correspondentes aos dias típicos de projeto de verão e de inverno.
- Na falta de dados para a cidade onde se encontra a habitação, recomenda-se utilizar os dados climáticos de uma cidade com as características climáticas semelhantes e na mesma zona bioclimática brasileira (ABNT NBR 15220-3).
 - *Poços de Calda MG; Castro PR; Curitiba PR; Guarapuava PR; Maringá PR; Palmas PR; Lages SC; São Joaquim SC; Campos do Jordão SP; Bom Jesus RS; Caxias do Sul RS; São Francisco de Paula RS.*



Fonte: NBR 15220:3

Zoneamento bioclimático brasileiro



DESEMPENHO TÉRMICO – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

- Recomenda-se o programa **EnergyPlus** (ASHRAE 140).
- Para a geometria do modelo de simulação, deve ser considerada a habitação como um todo, considerando cada ambiente como um zona térmica.
- Na composição de materiais para a simulação, deve-se utilizar dados das propriedades térmicas dos materiais e/ou componentes construtivos:
 - *Obtidos em laboratório, através de método de ensaio normalizado.*
 - *Na ausência destes dados ou na impossibilidade de obtê-los junto aos fabricantes, é permitido utilizar os dados disponibilizados na ABNT NBR 15220-2.*

PROPRIIDADE	DETERMINAÇÃO
Condutividade Térmica	ASTM C518 ou ASTM C177 ou ISO 8302
Calor específico	ASTM C351 – 92b
Densidade de massa aparente	Conforme método específico do material
Emissividade	JIS A 1423/ASTM C1371 – 04a

PROPRIEDADES DOS MATERIAIS – ABNT NBR 15220-3

A variação nos valores de alguns materiais podem resultar em desempenhos diferentes.

Material	ρ (kg/m ³)	λ [W/(mK)]
Argamassa comum	1800 – 2100	1,15
Concreto normal	2200 – 2400	1,75
Gesso projetado	1100 – 1300	0,50
Cerâmica	1000 – 1300	0,70
	1300 – 1600	0,90
	1600 – 1800	1,00
	1800 – 2000	1,05

REQUISITOS DE DESEMPENHO NO VERÃO

- O valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor, deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior.

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^{\circ}\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 1^{\circ}\text{C})$
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4^{\circ}\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^{\circ}\text{C})$ $T_{i,min.} \leq (T_{e,min.} + 1^{\circ}\text{C})$

REQUISITOS DE DESEMPENHO NO INVERNO

- Apresentar condições térmicas no interior do edifício habitacional melhores que do ambiente externo, no dia típico de projeto de inverno nas zonas bioclimáticas 1 a 5.
- Os valores mínimos diários da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como salas e dormitórios, no dia típico de projeto de inverno, devem ser sempre maiores ou iguais à temperatura mínima externa acrescida de 3°C.

Nível de desempenho	Critério
	Zonas 1 a 5
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3^{\circ}\text{C})$
I	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5^{\circ}\text{C})$
S	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7^{\circ}\text{C})$

EDIFICAÇÕES EM FASE DE PROJETO

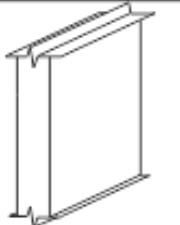
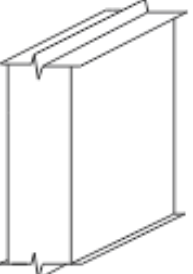
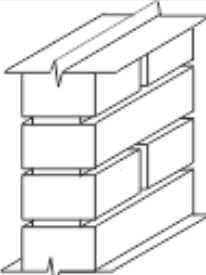
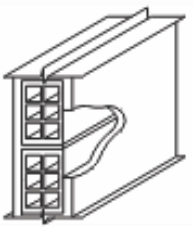
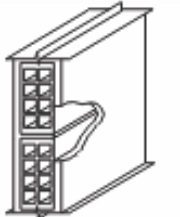
- A avaliação deve ser feita para um dia típico de projeto: verão e inverno.
- Avaliação de dormitórios e salas.
- Para conjuntos habitacionais ou edifícios multipiso, selecionar unidades habitacionais representativas:
 - Edificações térreas: unidade com maior número de paredes expostas;
 - Edifício multipiso: unidade no último andar, com cobertura exposta;
- Considerar as condições mais críticas do ponto de vista térmico:
 - Verão: janela do dormitório ou da sala voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte;
 - Inverno: janela do dormitório ou da sala voltada para sul e a outra parede exposta voltada para leste;

NÍVEL DE DESEMPENHO – VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS

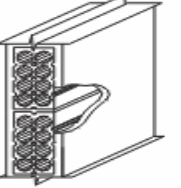
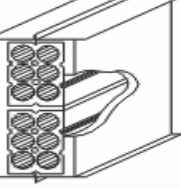
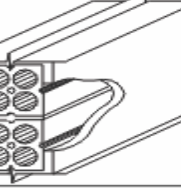
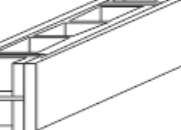

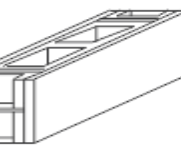
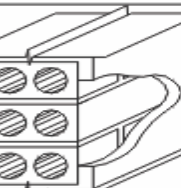
As vedações verticais externas (fachadas) devem atender aos limites de U e de CT.

Transmitância Térmica U (W/m ² K)		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha \geq 0,6$
$U \leq 2,5$	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
α é a absorptância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Capacidade Térmica CT (kJ/m ² K)	
Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	Zona 8
≥ 130	Sem requisito

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 5,0 cm	5,04	120
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 10,0 cm	4,40	240
	Parede de tijolos maciços aparentes Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura total da parede: 10,0 cm	3,70	149
	Parede de tijolos 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,48	159
	Parede de tijolos 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,49	158

VALORES PADRÃO NBR 15220

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24	167
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,28	168
	Parede com 4 furos circulares Dimensões do tijolo: 9,5x9,5x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,5 cm	2,49	186
	Parede de blocos cerâmicos de 3 furos Dimensões do bloco: 13,0x28,0x18,5 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 18,0 cm	2,43	192
	Parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	3,13	255
	Parede de blocos cerâmicos de 2 furos Dimensões do bloco: 14,0x29,5x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm	2,45	203
	Parede de tijolos com 2 furos circulares Dimensões do tijolo: 12,5x6,3x22,5 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 17,5 cm	2,43	220

VALORES PADRÃO NBR 15220

POSSIBILIDADES PARA JANELAS

O uso de persianas possibilita o sombreamento no interior dos dormitórios e melhora o desempenho térmico dos vidros.

- *EXEMPLOS COMPARATIVOS*

- ✓ *Janela com vidro 6mm*

- $U = 5,68 [W/(m^2K)]$

- ✓ *Janela com vidro 6mm e persiana de madeira*

- $U = 2,11 [W/(m^2K)]$

- ✓ *Janela com vidro 6mm e persiana de PVC*

- $U = 2,29 [W/(m^2K)]$

- ✓ *Janela com vidro 6mm e persiana de alumínio*

- $U = 1,27 [W/(m^2K)]$



OBS.: AS ESPESSURAS E DEMAIS CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS DEVEM SEMPRE SER OBTIDAS COM O FORNECEDOR

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO


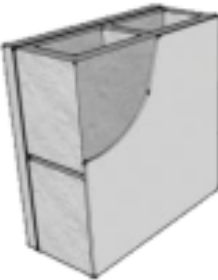
Avaliação simplificada - Resultados constantes do Manual ABCP/BlocoBrasil (não executados pela equipe da UCS)

**Tabela 11 – Transmissão e Capacidade Térmica para paredes externas
(ABNT NBR 15575-4)**

Nível de desempenho exigido	Zonas Bioclimáticas	Transmissão Térmica U (W/m ² .K)		Capacidade térmica (CT) (kJ/m ² .K)
		$\alpha \leq 0,6$ (cores claras)	$\alpha > 0,6$ (cores escuras)	
M	1 e 2	$\leq 2,5$		≥ 130
	3, 4, 5, 6, 7	$\leq 3,7$	$\leq 2,5$	≥ 130
	8			Sem exigência

α = Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (ABNT NBR 15220-1). Está relacionada principalmente à cor da superfície da parede.

**Tabela 13 – Determinação da Transmitância Térmica e Capacidade Térmica
(ABNT NBR 15220-2)**

Tipologia de Parede		Resultados		Critérios de Aprovação	
		Transmitância Térmica (U) (W/m ² .K)	Capacidade térmica (CT) (kJ/m ² .K)	Zonas Bioclimáticas	
				1 e 2	3, 4, 5, 6, 7 e 8
	<p>Blocos de concreto: Dimensões: (14x19x39)cm Resistência: Classe A</p> <p>Revestimento: Interno: 15 mm argamassa Externo: 25 mm argamassa</p>	2,64	228,6	Avaliação através de simulação computacional	Aprovado (M) para $\alpha \leq 0,6$
	<p>Blocos de concreto: Dimensões: (14x19x39)cm Resistência: Classe A</p> <p>Revestimento: Interno: 5 mm gesso Externo: 25 mm argamassa</p>	2,65	202,0	Avaliação através de simulação computacional	Aprovado (M) para $\alpha \leq 0,6$

M = desempenho mínimo

Resultados constantes do Manual ABCP/BlocoBrasil (não executados pela equipe da UCS)

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO

RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO POR SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE
EDIFÍCIOS HABITACIONAIS COM BLOCOS DE CONCRETO

Simulação térmica: estudo em paredes de blocos de concreto


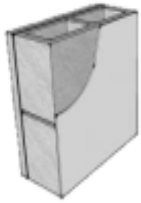
- O desempenho térmico de edificações com alvenaria de blocos de concreto foi avaliado por simulação computacional em estudo elaborado pelo Laboratório de Tecnologia Construtiva da Universidade de Caxias do Sul – UCS.
- Os estudos foram realizados através do **software Energyplus**;
- No estudo foram consideradas uma cidade localizada na **zona bioclimática 1** e outra cidade localizada na **zona bioclimática 2**.
- As condições climáticas adotadas para as duas cidades representativas destas duas zonas bioclimáticas estão apresentados na tabela 15 do manual ABCP / BlocoBrasil.

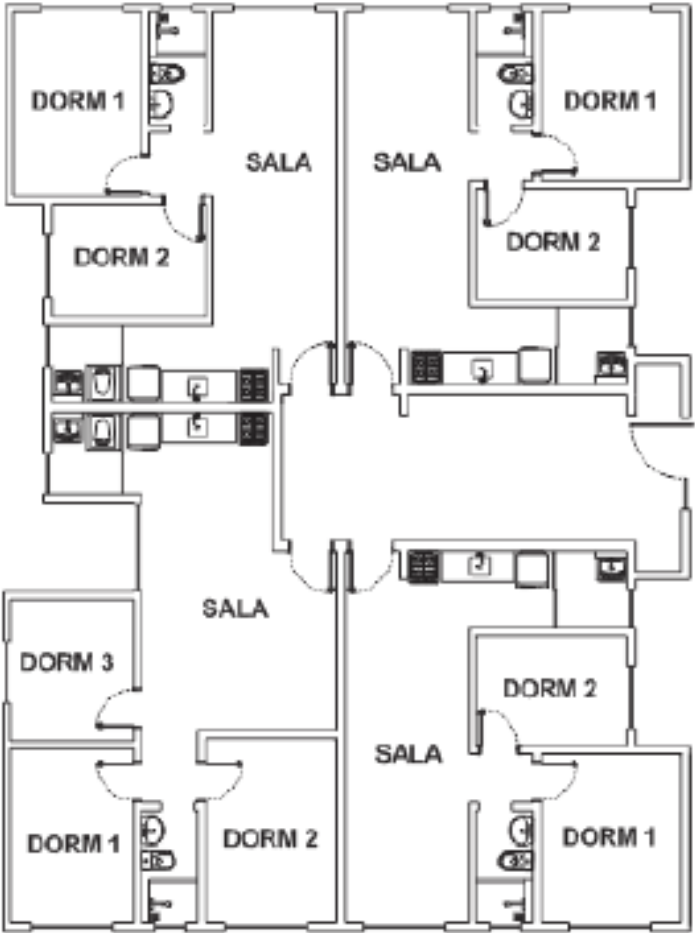
**Tabela 15 – Condições Climáticas Adotados na Simulação Computacional
(Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva - UCS)**

Cidade/Estado	Curitiba/PR	Santa Maria/RS
Zona Bioclimática (ABNT NBR 15220-3)	1	2
Temperatura máxima diária de verão (°C)	31,4	35,0
Amplitude diária de temperatura de verão (°C)	10,2	10,2
Temperatura mínima diária de inverno (°C)	0,7	0,8
Amplitude diária de temperatura de inverno (°C)	11,6	12,0
Curitiba: Dados extraídos na norma ABNT NBR 15575-1 – Tabelas A.2 e A.3		
Santa Maria: Dados extraídos de arquivo climáticos epw. nov/2012 – LabEEE/UFSC		

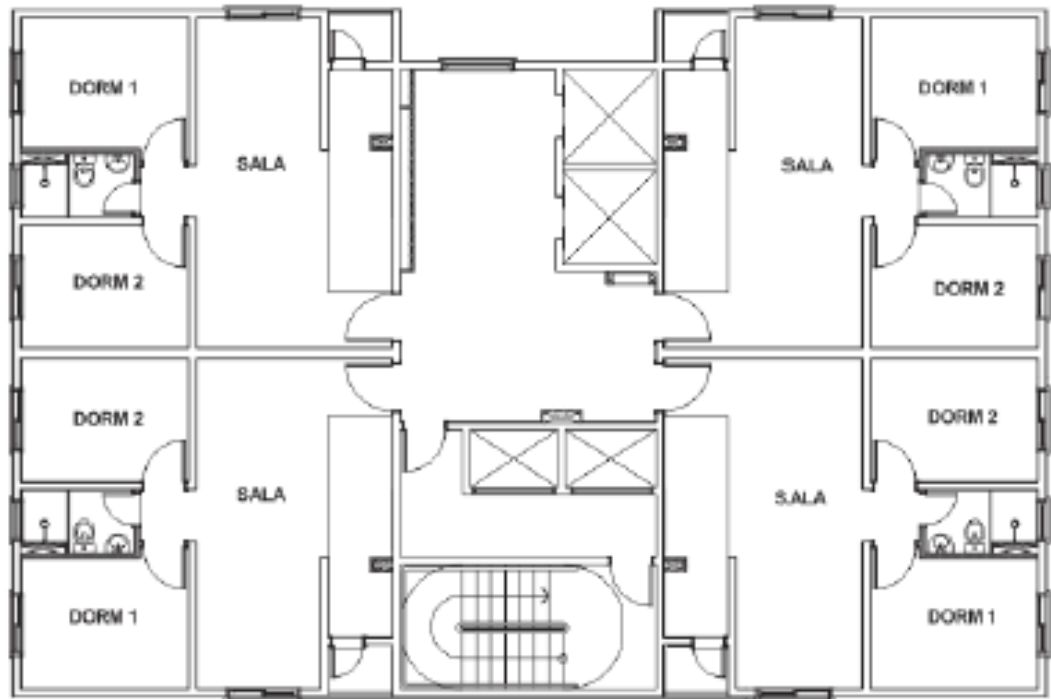
Simulação Computacional - Desempenho Térmico

- Para cada uma das cidades escolhidas, foram estudadas duas tipologias de edifícios designadas edifício A e edifício B, com características descritas a seguir:

Sistema/elemento construtivo	Características do Edifício	
	A	B
Número de pavimentos	4	17
Número de unidades habitacionais por pavimento	4	4
Sistema de vedação vertical externa		Blocos de concreto (14x19x39)cm. Revestimento externo: argamassa de reboco 25 mm interno: argamassa de reboco 15 mm
Sistema de vedação vertical externa		Blocos de concreto (14x19x39)cm. Revestimento externo: argamassa de reboco 25 mm interno: gesso 5 mm
Sistema de cobertura		Laje de concreto maciço 10 cm, câmara de ar de alta emissividade e telha de fibrocimento 8 mm
Sistema de piso entre as U.H. autônomas		Laje de concreto maciço 10 cm
Aberturas externas		Vidro simples 3 mm

	Orientação da Unidade Habitacional - UH	Zona Térmica	Área do piso (m ²)	Area da abertura em fachada (m ²)
	Edifício A: 4 pavimentos – 4 unidades/andar	Noroeste	Sala	15,50
Dormitório 1			9,00	1,60
Dormitório 2			6,34	1,44
Nordeste	Sala	15,97	3,52	
	Dormitório 1	9,00	1,60	
	Dormitório 2	6,60	1,44	
Sudeste	Sala	15,52	2,88	
	Dormitório 1	9,08	1,60	
	Dormitório 2	6,34	1,44	
Sudoeste	Sala	16,11	3,06	
	Dormitório 1	9,18	1,60	
	Dormitório 2	8,16	1,60	
	Dormitório 3	6,60	1,44	

**Figura 6 – Planta baixa e dados do edifício A
(Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)**



Edifício B: 17 pavimentos – 4 unidades/andar

Orientação da Unidade Habitacional - UH	Zona Térmica	Área do piso (m ²)	Área da abertura em fachada (m ²)
Noroeste	Sala	9,38	1,96
	Dormitório 1	8,35	1,68
	Dormitório 2	7,63	1,68
Nordeste	Sala	9,38	1,96
	Dormitório 1	8,35	1,68
	Dormitório 2	7,63	1,68
Sudeste	Sala	9,38	1,96
	Dormitório 1	8,35	1,68
	Dormitório 2	7,63	1,68
Sudoeste	Sala	9,38	1,96
	Dormitório 1	8,35	1,68
	Dormitório 2	7,63	1,68

Simulação Computacional - Desempenho Térmico

Tabela 14 – Critérios de Avaliação do Desempenho Térmico para as Condições de Verão e Inverno (ABNT NBR 15575-1)

Nível de desempenho	Condições de verão		Condições de inverno	
	Zonas bioclimáticas			
	1 a 7	8	1 a 5	6 a 8
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^{\circ}\text{C})$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado.
I	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}\text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^{\circ}\text{C})$	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^{\circ}\text{C})$	
S	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ}\text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}\text{C})$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^{\circ}\text{C})$	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^{\circ}\text{C})$	

$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;

$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;

$T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;

$T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.

Tabela 17 – Resultados para os ambientes de permanência prolongada do Edifício A na ZB 1 com absorvância à radiação solar da superfície externa $\alpha = 0,3$ (cor clara) (Relatório do Laboratório de Tecnológica Construtiva – UCS)

Orientação da UH	Noroeste			Nordeste			Sudeste			Sudoeste			
Zona Térmica	Sala	Dorm. 1	Dorm. 2	Sala	Dorm. 1	Dorm. 2	Sala	Dorm. 1	Dorm. 2	Sala	Dorm. 1	Dorm. 2	Dorm. 3
Calculado Verão (°C)	21,9	22,4	22,3	21,9	22,4	22,6	22,1	22,2	22,6	22,2	22,6	22,6	22,7
Temperatura Referência Verão (°C)	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Calculado Inverno (°C)	11,9	12,3	11,1	11,7	12,5	11,2	11,7	11,4	11,3	12,0	11,7	11,5	11,5
Temperatura Referência Inverno (°C)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

M = desempenho mínimo, I= desempenho intermediário, S= desempenho superior

Tabela 18 – Resultados para os ambientes de permanência prolongada do Edifício A na ZB 1 com absorvância à radiação solar da superfície externa $\alpha = 0,7$ (cor escura) (Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)

Orientação da UH	Noroeste			Nordeste			Sudeste			Sudoeste			
Zona Térmica	Sala	Dorm. 1	Dorm. 2	Sala	Dorm. 1	Dorm. 2	Sala	Dorm. 1	Dorm. 2	Sala	Dorm. 1	Dorm. 2	Dorm. 3
Calculado Verão (°C)	22,0	23,0	22,6	22,4	23,0	22,6	22,2	22,4	22,9	23,4	23,2	23,3	23,3
Temperatura Referência Verão (°C)	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Calculado Inverno (°C)	12,1	12,7	11,2	11,8	12,7	11,2	11,7	11,5	11,4	12,0	12,0	11,8	11,9
Temperatura Referência Inverno (°C)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

M = desempenho mínimo, I= desempenho intermediário, S= desempenho superior

Tabela 19 – Resultados para os ambientes de permanência prolongada do Edifício A na ZB 2 com absorvância à radiação solar da superfície externa $\alpha = 0,3$ (cor clara) (Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)

Orientação da UH	Noroeste			Nordeste			Sudeste			Sudoeste			
Zona Térmica	Sala	Dorm. 1	Dorm. 2	Sala	Dorm. 1	Dorm. 2	Sala	Dorm. 1	Dorm. 2	Sala	Dorm. 1	Dorm. 2	Dorm. 3
Calculado Verão (°C)	24,5	25,2	25,2	24,6	25,1	25,4	24,6	24,9	25,4	24,6	25,2	25,3	25,6
Temperatura Referência Verão (°C)	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Calculado Inverno (°C)	11,0	11,3	10,2	10,8	10,5	10,2	10,8	10,5	10,4	11,1	10,8	10,5	10,5
Temperatura Referência Inverno (°C)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

M = desempenho mínimo, I= desempenho intermediário, S= desempenho superior

Principais comentários

- Os resultados apresentados no estudo indicam que os edifícios estudados com sistemas de vedações verticais internas e externas com blocos de concreto, mediante as condições propostas, podem obter classificação de desempenho térmico Superior (S), conforme os atuais critérios da norma ABNT NBR 15575-1.
- Análises globais de desempenho térmico de edifícios são fundamentais, pois todos os sistemas da envoltória dos edifícios atuam na transmissão de fluxo de calor e na conseqüente troca térmica entre o meio interno e meio externo.
- A orientação solar e absortância à radiação solar da superfície externa são fatores fundamentais para determinar o bom ou mau desempenho térmico de edifícios habitacionais.

Outros resultados constantes no Manual de Desempenho ABCP/BlocoBrasil

(Apresentação e discussão dos resultados do Manual a pedido da ABCP para esta palestra)

Como definir o melhor sistema?

INDICADORES ACÚSTICOS

Elemento	$D_{nT,w}$ 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

O que diz a norma de desempenho –
NBR 15575/2013:

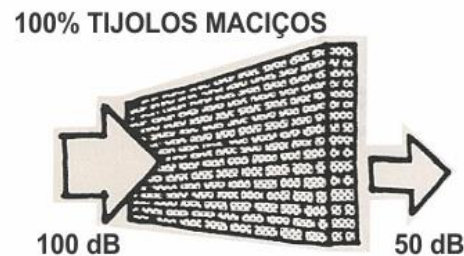
Acústico

Tipo de parede	Largura do bloco / tijolo	Revestimento	Massa aproximada	R_w (dBA)
Blocos vazados de concreto	9 cm	argamassa 1,5 cm em cada face	180 kg/m ²	41 M
	11,5 cm		210 kg/m ²	42 M
	14 cm		230 kg/m ²	45 I
Blocos vazados de cerâmica	9 cm	argamassa 1,5cm em cada face	120 kg/m ²	38 NA
	11,5 cm		150 kg/m ²	40 M
	14 cm		180 kg/m ²	42 M

ISOLAMENTO ACÚSTICO

- SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS COM ABERTURAS

- ✓ Diferenças entre o isolamento acústico de fechamentos opacos e aberturas



$R'_w = 50\text{dB}$



$R'_w = 26\text{dB}$



$R'_w = 23\text{dB}$



$R'_w = 20\text{dB}$

Desempenho acústico - avaliação

- Alvenaria com blocos de concreto (sem considerar janelas ou portas)
- Manual ABCP/BlocoBrasil – execução dos ensaios: Instituto Tecnológico [itt](#) **PERFORMANCE** da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Tabela 25 - Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa de dormitório (ABNT NBR 15575-4)

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

Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há exigências específicas.
Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias há necessidade de estudos específicos.
M = desempenho mínimo; I= desempenho intermediário, S= Desempenho superior.

Desempenho acústico - avaliação

Tabela 26 - Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, entre ambientes (ABNT NBR 15575-4)

- Alvenaria com blocos de concreto (sem considerar janelas ou portas)
- Manual ABCP/BlocoBrasil – execução dos ensaios: Instituto Tecnológico [itt](#) **PERFORMANCE** da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Elemento	$D_{nT,w}$ [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 55	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 <i>home theater</i> , 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

Desempenho acústico - avaliação

Tabela 28 – Resultados de Desempenho Acústico (ISO 10140-2).
Síntese dos Relatórios UNISINOS - N^{os} 0439/2014, 0440/2014, 0417/2014 e 0442/2014

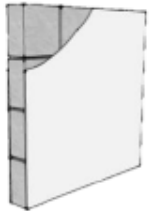
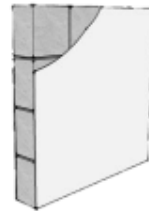
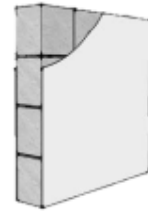

Componente		Tipologia de Parede			
Tipologias das paredes					
Bloco de concreto		(90x190x390)mm	(115x190x390)mm	(140x190x390)mm	(190x190x390)mm
Assentamento (juntas horizontais e verticais)		argamassa - espessura de 10 mm			
Revestimento (interno e externo)		gesso – espessura de 5 mm			
Área das paredes (área ensaiada) (m ²)		14,0	14,0	14,0	14,0
Câmara emissora	Área (m ²)	18,6			
	Volume (m ³)	65,3			
Câmara receptora	Área (m ²)	16,6			
	Volume (m ³)	57,8			
Resultados					
Relatórios UNISINOS - N ^{os} 0439/2014, 0440/2014, 0417/2014 e 0442/2014)		Índice de redução sonora ponderada Rw (dB)			
		40	44	44	47

Tabela 29 – Classificação de Desempenho Acústico em função de R_w (ABNT NBR 15575-4)

Índice de redução ponderado, R_w [dB] - Fachadas			Classificação do desempenho conforme NBR 15575-4 anexo F			
Nível de desempenho Mínimo (M)			(90x190x390)mm	(115x190x390)mm	(140x190x390)mm	(190x190x390)mm
Bloco de concreto + revestimento interno e externo de gesso esp. 5 mm						
Resultados: Relatórios UNISINOS			40	44	44	47
Classe de ruído	I	≥ 25	S	S	S	S
	II	≥ 30	S	S	S	S
	III	≥ 35	I	I	I	S
Parede entre UH (parede de geminação - menos dormitório)		≥ 45	M	M ⁽²⁾	M ⁽²⁾	M
Parede entre UH (parede de geminação - dormitório)		≥ 50	Não atende	Não atende	Não atende	Não atende
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual		≥ 45	Não atende	M ⁽²⁾	M ⁽²⁾	M
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual		≥ 35	I	I	I	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas.		≥ 50	Não atende	Não atende	Não atende	Não atende
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall		≥ 45	Não atende	M ⁽²⁾	M ⁽²⁾	M

Os critérios para o índice de redução de sonora R_w , obtidos em ensaios de laboratório, são superiores aos critérios para diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w .

⁽¹⁾ Classificação realizada pelo autor com base nos resultados dos relatórios da UCS e na ABNT NBR 15575-4 – anexo F

⁽²⁾ As paredes com blocos de concreto devem ser revestidas com argamassa à base de cimento com no mínimo 15 mm de espessura em cada face para atender ao requisito mínimo estabelecido para esta condição de uso. (Avaliação com base em resultados do Manual Técnico de Alvenaria (ABCI, 1990).

Considerações

- Bom desempenho dentro das condições de ensaio propostas, servindo como primeiro parâmetro de avaliação;
- Análises em paredes de maiores dimensões especificadas pelas normas técnicas conduzirão a caracterização definitiva.

- Quem constrói e/ou vende precisa definir o produto e as premissas de projeto segundo requisitos e critérios de norma;
- Os projetistas (engenheiros, arquitetos) precisam conhecer e atender os requisitos normativos;



- Os fabricantes têm que comprovar as **características** do seu produto – ensaios de caracterização de desempenho, controle de produção, certificados adquiridos, nível de confiabilidade e conformidade;



Imagem: <http://www.greenglaze.co.uk/rehau-windows-doors-halstead-sudbury-braintree-essex/>



- A construtora precisa orientar o usuário final sobre a **qualidade incorporada** ao projeto do edifício;
- O **usuário** precisa fazer **uso e manutenção adequados** ao longo da vida útil;



ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Fax: (021) 220-1762/220-6436
Endereço Telegráfico:
NORMATECNICA

Copyright © 1998,
ABNT-Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

MAR 1998	NBR 14037
Manual de operação, uso e manutenção das edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação	
Origem: Projeto 02:140.01-002:1997 CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil CE-02:140.01 - Comissão de Estudo de Manutenção em Edificações NBR 14037 - Buildings maintenance, use and operation manual - Content and recommendations for elaboration and presentation Descriptors: Technical documentation. Building. Operation manual. Maintenance Válida a partir de 30.04.1998	
Palavras-chave: Documentação técnica. Edificação. Manual de operação. Manutenção	5 páginas

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- FOCO: DESEMPENHO DA SOLUÇÃO DO SISTEMA, E NÃO SÓ DA PAREDE EM SI;
- BARREIRAS CULTURAIS AO USO DE DETERMINADAS SOLUÇÕES CONSEGUEM SER QUEBRADAS;
- INOVAÇÃO PERMITE GANHOS DE TECNOLOGIA MAS TAMBÉM FINANCEIROS.
- ESTUDOS TÉCNICOS: FUNDAMENTAIS!!!

Uma constatação necessária...



- “ A VIDA NÃO TEM GABARITO”
- EM MUITOS CASOS, A ENGENHARIA TAMBÉM NÃO!!!
- ENTRETANTO, A NORMATIZAÇÃO E A GARANTIA DO DESEMPENHO É UM PASSO FUNDAMENTAL NA GARANTIA DE QUALIDADE E HOMOGENEIDADE DE PRODUTOS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Muito obrigado!

Daniel T. Pagnussat

Contato:

E-mail: danipag@yahoo.com

daniel.pagnussat@ufrgs.br

LBTEC – Laboratório de Tecnologia Construtiva (UCS) –

lلابtec@ucs.br

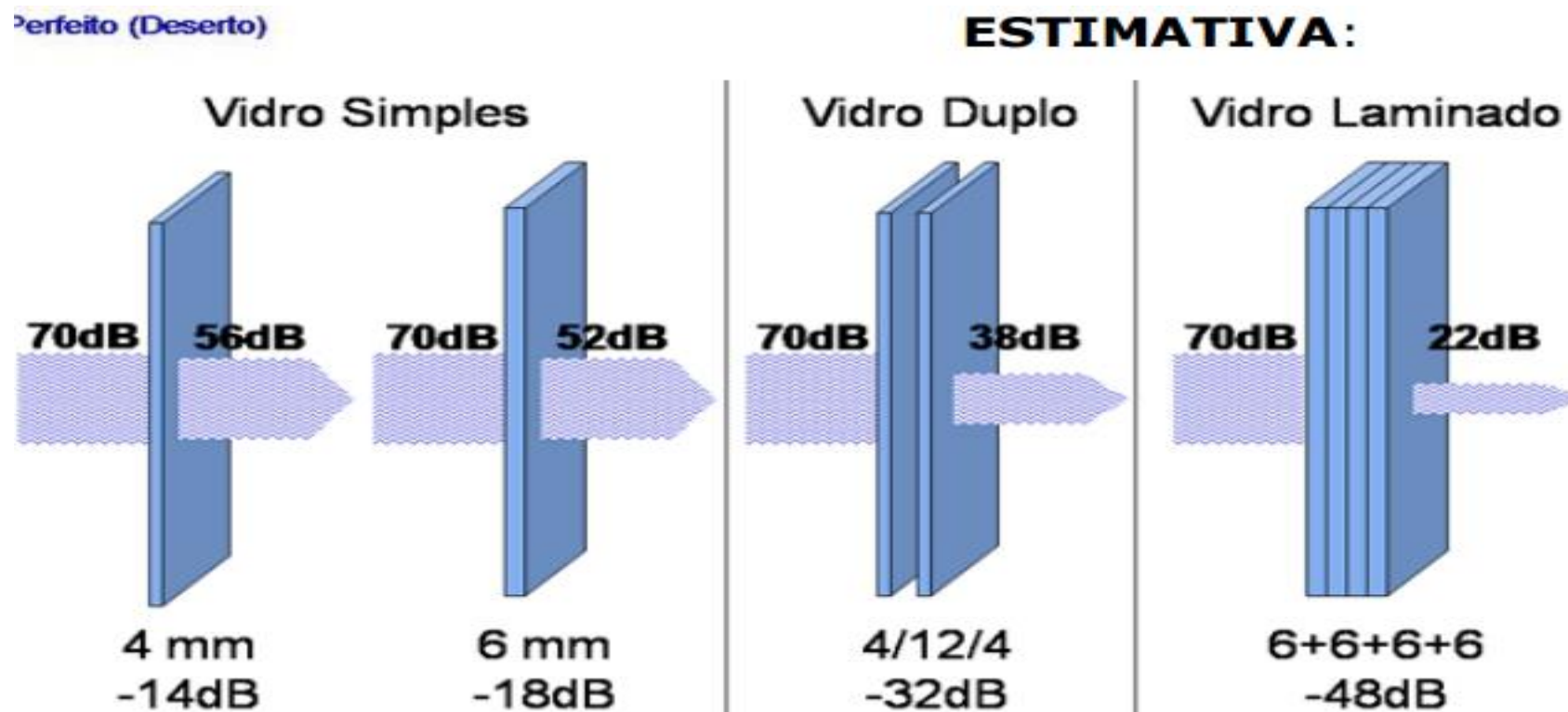
(54) 3289-9036 e 3289-9026

Avaliação Técnica X Inovação X Cultura da empresa

- Exemplos – Parcerias Universidade X Mercado
- Case SINDUSCON CAXIAS X LBTEC/UCS
- 18 empresas atendidas
- LBTEC – 1º laboratório certificado ISO/IEC 17025 para ensaios de avaliação de desempenho acústico em campo

ALTERNATIVAS PARA MELHORIA DE DESEMPENHO

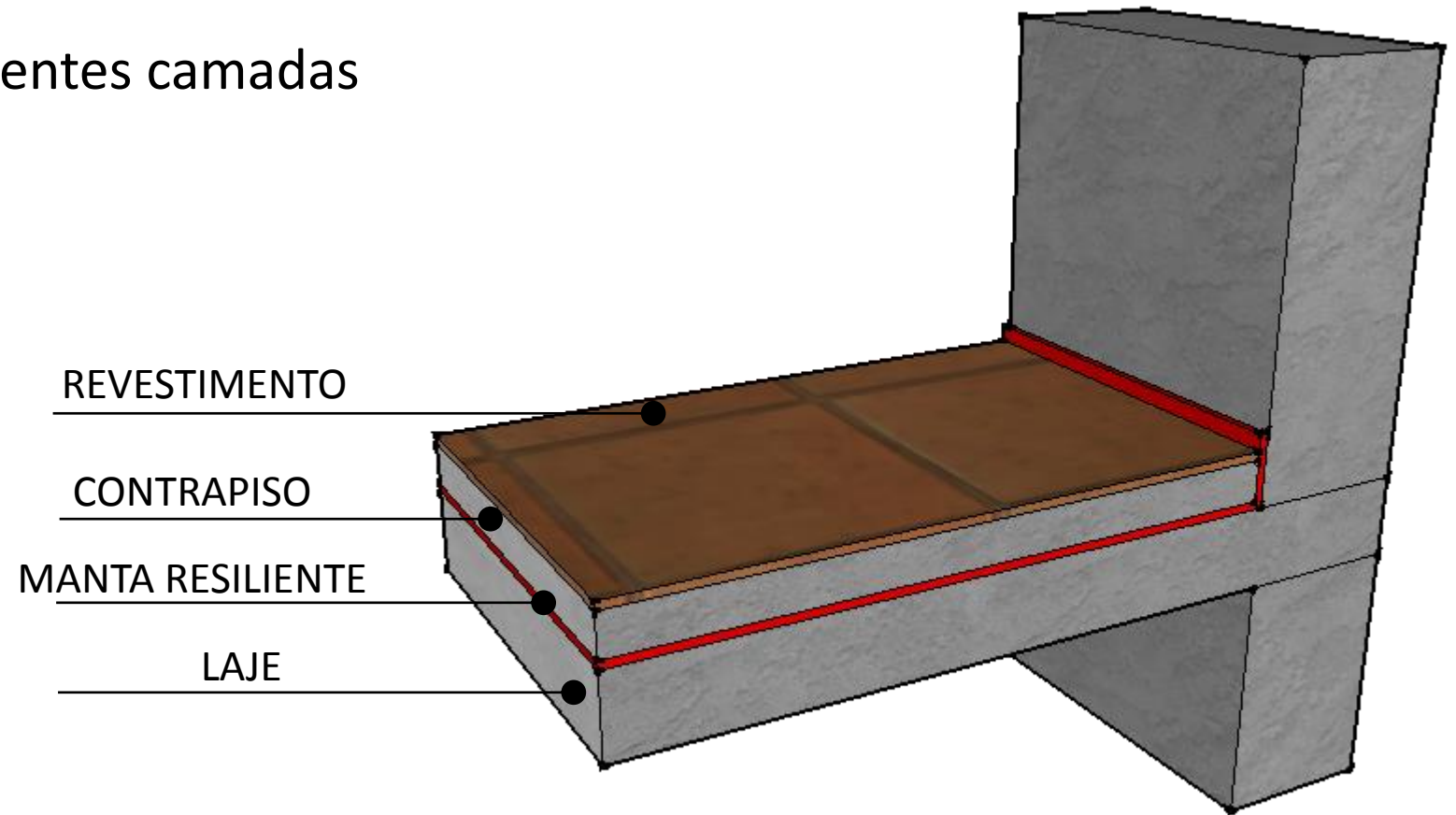
- ACÚSTICO



ISOLAMENTO ACÚSTICO

- SISTEMAS DE PISOS

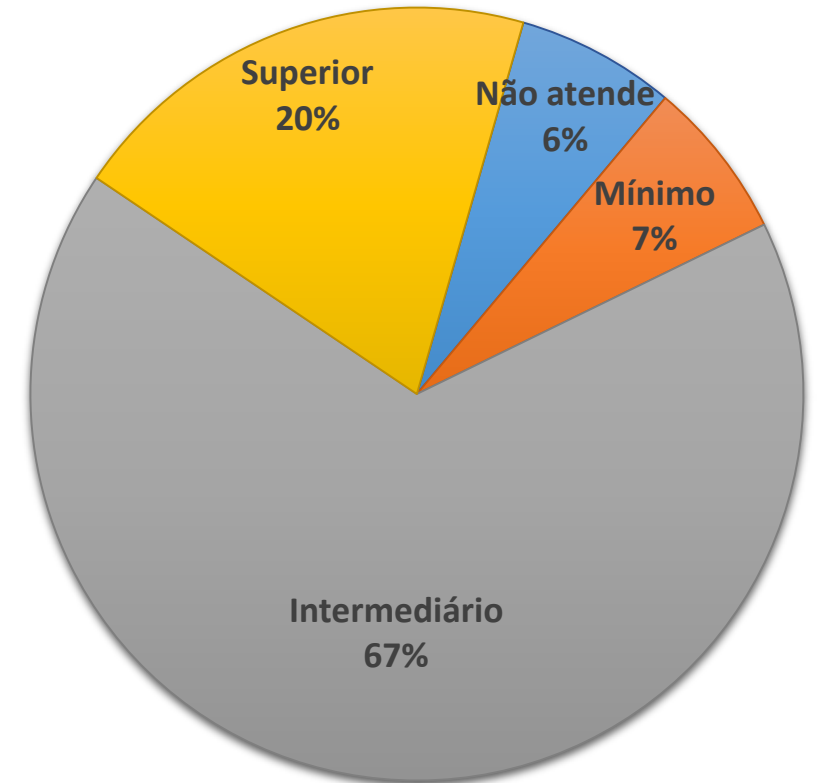
- ✓ Soluções com uso de diferentes camadas



DESEMPENHO ACÚSTICO DE PISOS

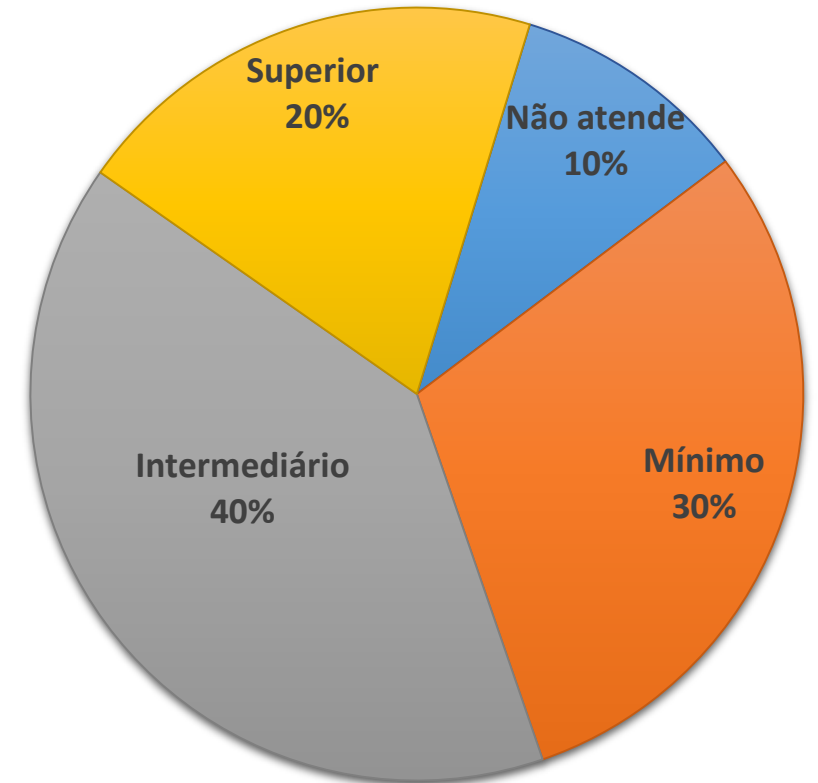
RUÍDO DE IMPACTO

- Superior:
 - laje de concreto maciço, manta 10mm, contrapiso e revestimento laminado de madeira com manta.
- Não atende:
 - laje treliçada/EPS com revestimento cerâmico.



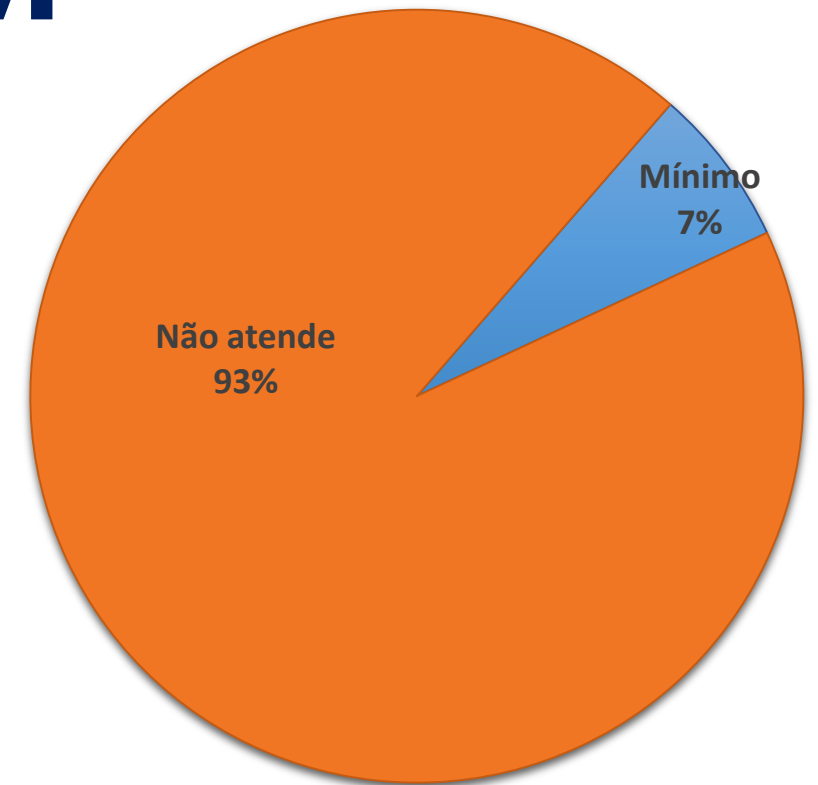
DESEMPENHO ACÚSTICO DE PISOS RUÍDO AÉREO

- Superior:
 - laje de concreto maciço, contrapiso com brita leve, manta, contrapiso e revestimento laminado de madeira.
- Não atende:
 - laje treliçada/EPS com piso laminado de madeira.



DESEMPENHO ACÚSTICO DE SVVI RUÍDO AÉREO

- Mínimo:
 - alvenaria de blocos 19cm com reboco nas duas faces sem aberturas.
- Não atende:
 - alvenaria de blocos com aberturas (portas).



ENSAIOS EM PROTÓTIPOS

AVALIAÇÕES DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM SITUAÇÕES REAIS



DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS ENTRE RESULTADOS EM CAMPO E DE LABORATÓRIO

ENSAIOS EM PROTÓTIPOS

AVALIAÇÕES DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM SITUAÇÕES REAIS

Sistemas de Fachadas

- Revestimento externo reboco
- Revestimentos internos
 - ✓ Gesso acartonado sem lã mineral
 - ✓ Gesso acartonado com lã mineral
 - ✓ Reboco

Sistemas de Pisos

- Laminado com 4 diferentes mantas sem contrapiso
- Porcelanato sem contrapiso
- Laminado com 4 diferentes mantas com contrapiso convencional
- Porcelanato com contrapiso convencional
- Laminado com 4 diferentes mantas com contrapiso leve
- Porcelanato com contrapiso convencional leve



Muito obrigado!

Daniel T. Pagnussat

Contato:

E-mail: danipag@yahoo.com

daniel.pagnussat@ufrgs.br

LBTEC – Laboratório de Tecnologia Construtiva (UCS) –

llabtec@ucs.br

(54) 3289-9036 e 3289-9026

ESTUDOS DE ESTIMATIVAS DE CUSTOS: DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO

- Estágio do Curso de Arquitetura e Urbanismo:
 - Acadêmica Patrícia Pereira.
- TCC do Curso de Engenharia Civil:
 - Engenheira Civil Renata Rossi.

DESEMPENHO ACÚSTICO EM EDIFICAÇÕES:

EFICIÊNCIA X CUSTO DE CONSTRUÇÃO

Acadêmica Arq. e Urb. Patrícia Cassol Pereira

- ✓ Estimar o isolamento acústico de SVVI, SVVE e pisos através de software.
- ✓ Edifício residencial da construtora xxxxxx Ltda.
- ✓ Propor sistemas para atendimento da NBR 15575 e estimar o custo envolvido nas propostas.

DESEMPENHO ACÚSTICO EM EDIFICAÇÕES:

EFICIÊNCIA X CUSTO DE CONSTRUÇÃO

Acadêmica Arq. e Urb. Patrícia Cassol Pereira

- ✓ Edificação Residencial
- ✓ Localização: Rua Angelo Marcon, Bento Gonçalves, RS

- ✓ SVVE: bloco de concreto 14 cm com reboco
- ✓ SVVI: bloco de concreto 14 cm com reboco
- ✓ Piso: laje moldada in loco 10 cm + contrapiso 3 cm + laminado de madeira;



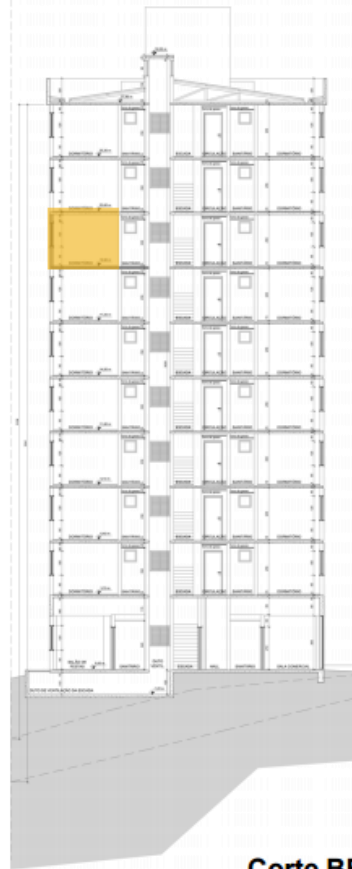
DESEMPENHO ACÚSTICO EM EDIFICAÇÕES:

EFICIÊNCIA X CUSTO DE CONSTRUÇÃO

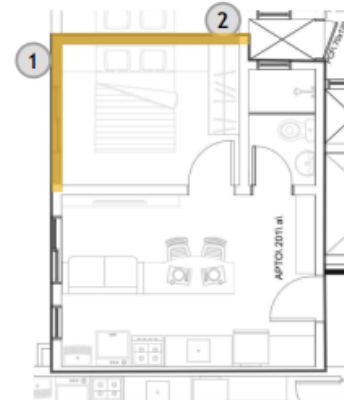
Acadêmica Arq. e Urb. Patrícia Cassol Pereira



Planta Baixa



Corte BB'



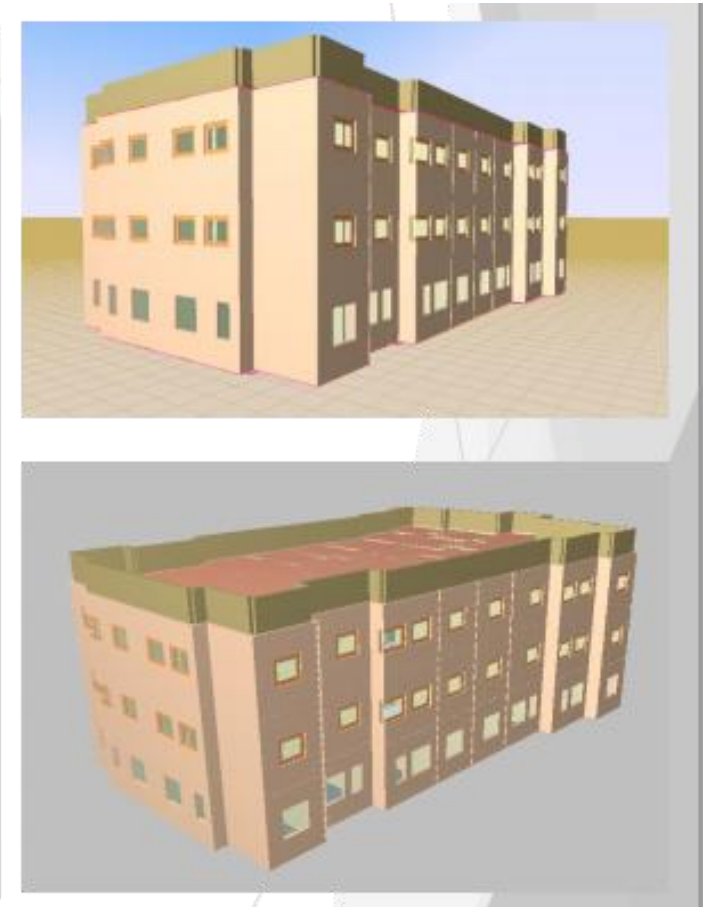
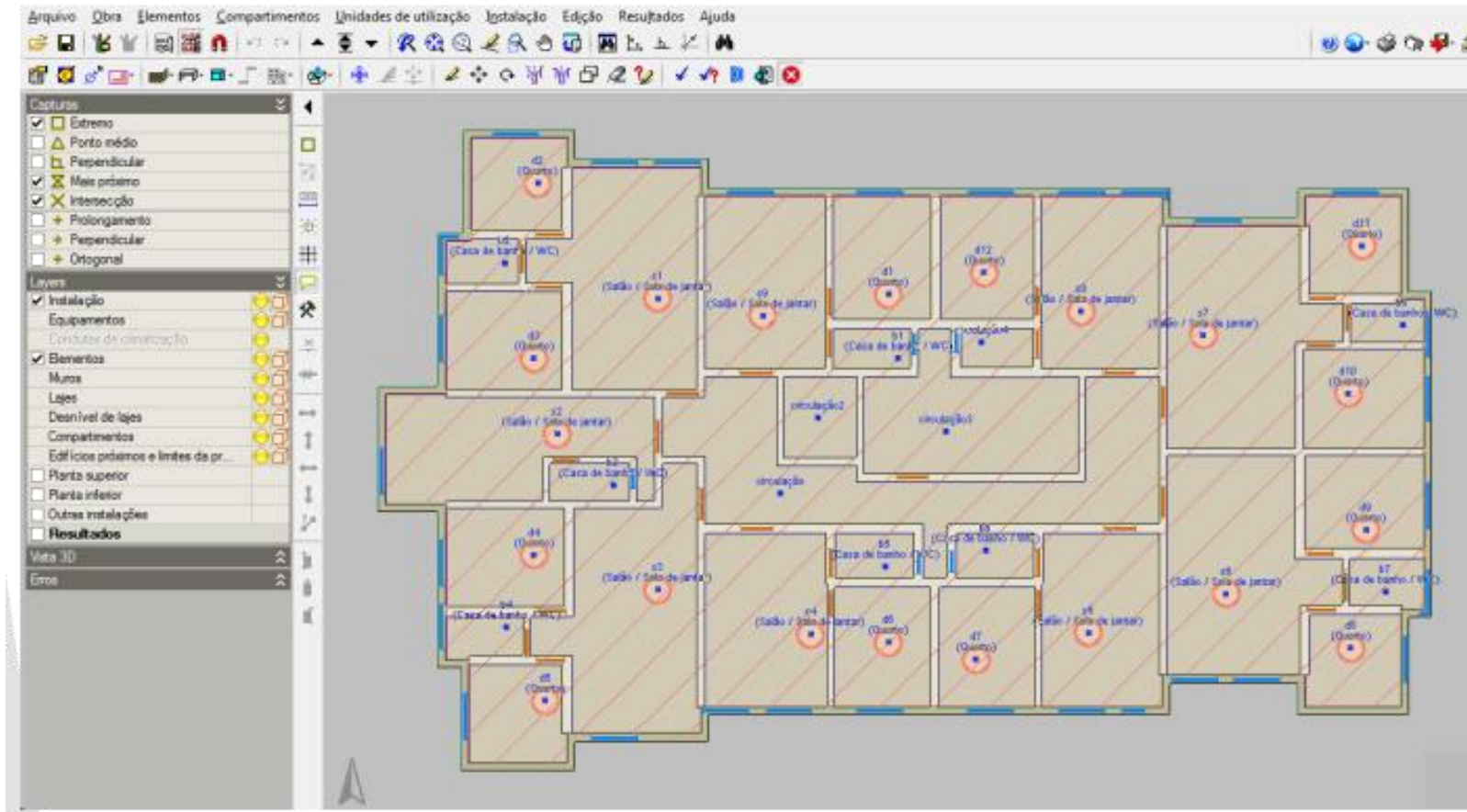
Orientação da fachada é irrelevante.

■ Sistema de vedação a ser analisado

- ① Parede Externa
- ② Parede Interna de dormitório
- ③ Piso

DESEMPENHO ACÚSTICO EM EDIFICAÇÕES: EFICIÊNCIA X CUSTO DE CONSTRUÇÃO

Acadêmica Arq. e Urb. Patrícia Cassol Pereira



DESEMPENHO ACÚSTICO EM EDIFICAÇÕES:

EFICIÊNCIA X CUSTO DE CONSTRUÇÃO

Acadêmica Arq. e Urb. Patrícia Cassol Pereira

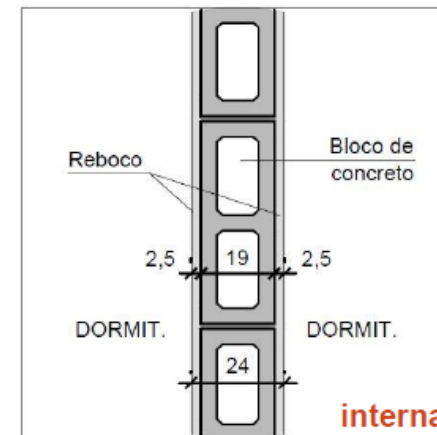
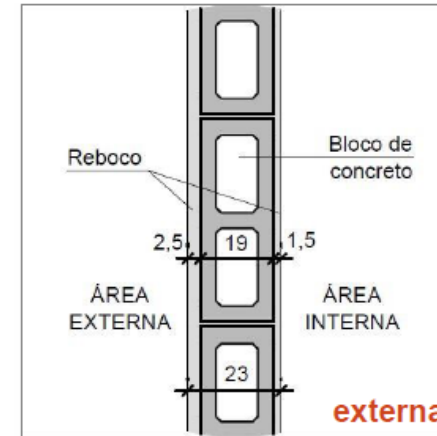
Proposta 1:

SVVE blocos de 19cm

SVVI blocos de 19cm

Piso com manta

Estimativa de aumento de custo no ambiente: 5,48%



DESEMPENHO ACÚSTICO EM EDIFICAÇÕES:

EFICIÊNCIA X CUSTO DE CONSTRUÇÃO

Acadêmica Arq. e Urb. Patrícia Cassol Pereira

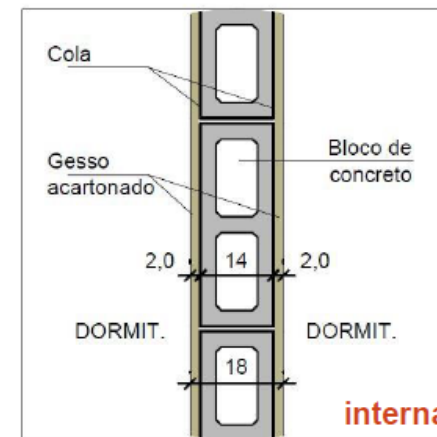
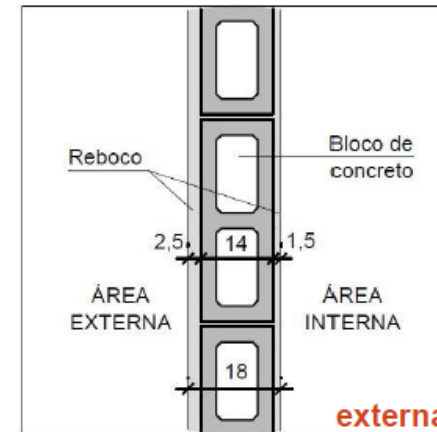
Proposta 3:

SVVE blocos de 19 cm

SVVI gesso colado

Piso com manta

Estimativa de aumento de custo no ambiente: 7,00%



COMPARATIVO DE CUSTOS DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS PARA O ATENDIMENTO DOS REQUISITOS TÉRMICO E ACÚSTICO DA NBR 15575

Engenheira Civil Renata Pontalti Rossi – Fontana Arquitetura e Engenharia

- ✓ Avaliar o desempenho térmico e acústico dos empreendimentos habitacionais, conforme projetos;
- ✓ Propor soluções para atender aos diferentes níveis de desempenho térmico e acústico da NBR 15575:2013;
- ✓ Estimar os custos das alterações;
- ✓ Comparar os custos dos sistemas construtivos originais e das alterações.

COMPARATIVO DE CUSTOS DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS PARA O ATENDIMENTO DOS REQUISITOS TÉRMICO E ACÚSTICO DA NBR 15575

Engenheira Civil Renata Pontalti Rossi – Fontana Arquitetura e Engenharia

- ✓ Não compreende os outros requisitos exigidos pela NBR 15575:2013
- ✓ 9 empreendimentos em Caxias de 3 diferentes empresas: A, B e C
- ✓ 3 empreendimentos de cada empresa: 1, 2, 3
- ✓ Avaliação dos apartamentos com maior área de abertura do pavimento tipo
- ✓ Avaliação do desempenho térmico das coberturas dos apartamentos do último pavimento

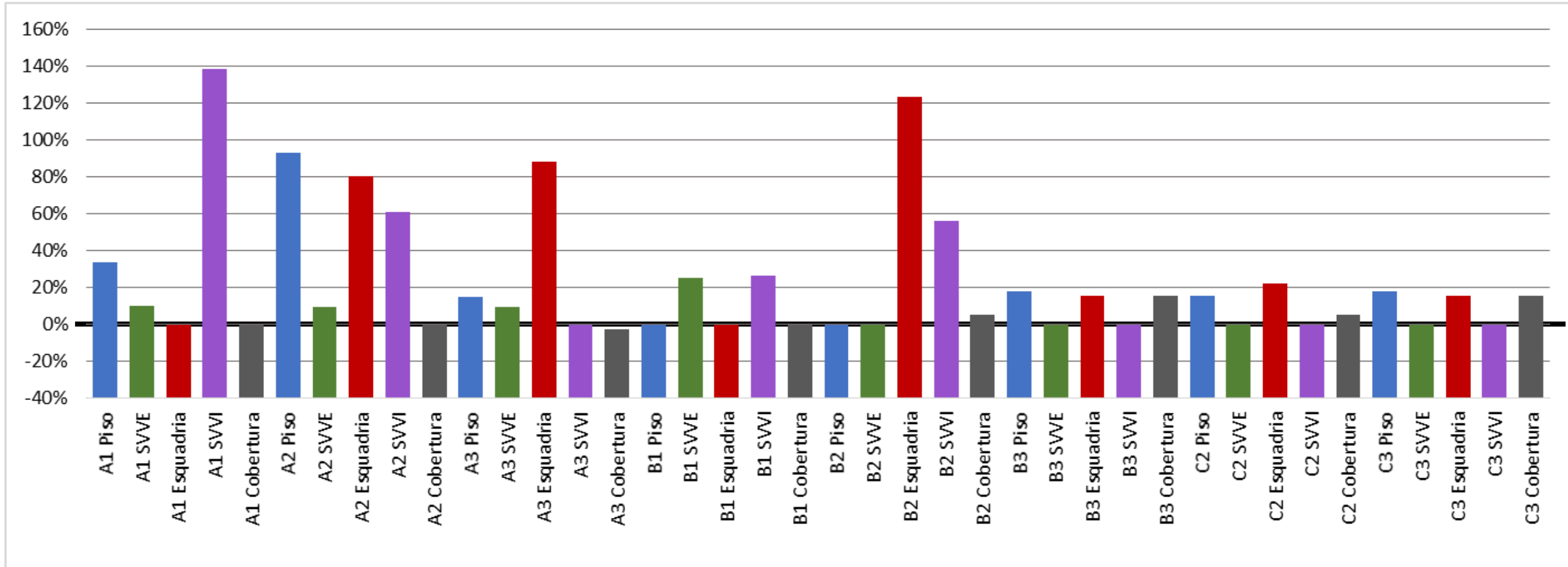
COMPARATIVO DE CUSTOS DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS PARA O ATENDIMENTO DOS REQUISITOS TÉRMICO E ACÚSTICO DA NBR 15575

Engenheira Civil Renata Pontalti Rossi – Fontana Arquitetura e Engenharia

- ✓ Simulação computacional
- ✓ Definição dos materiais e sistemas construtivos, conforme projetos originais: necessidade de inclusão de materiais
- ✓ Estimativas de custos para 1 m² (TCPO 13, SINAPI, pesquisa de mercado)
- ✓ Entrevistas com os responsáveis técnicos para indicação de materiais e sistemas construtivos a serem ou não utilizados nas propostas e determinação do nível de desempenho requerido em cada empreendimento:
 - ✓ Menor valor agregado: desempenho mínimo;
 - ✓ Médio valor agregado: desempenho intermediário;
 - ✓ Maior valor agregado: desempenho superior.

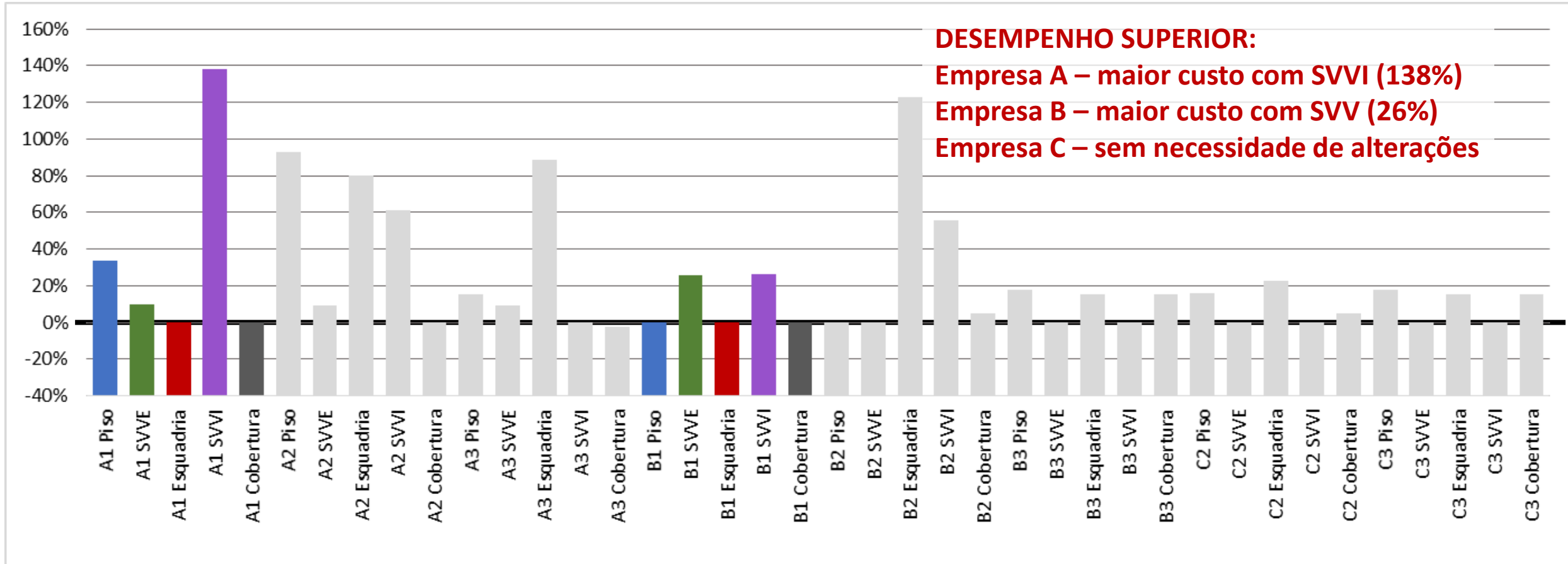
COMPARATIVO DE CUSTOS DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS PARA O ATENDIMENTO DOS REQUISITOS TÉRMICO E ACÚSTICO DA NBR 15575

Engenheira Civil Renata Pontalti Rossi – Fontana Arquitetura e Engenharia



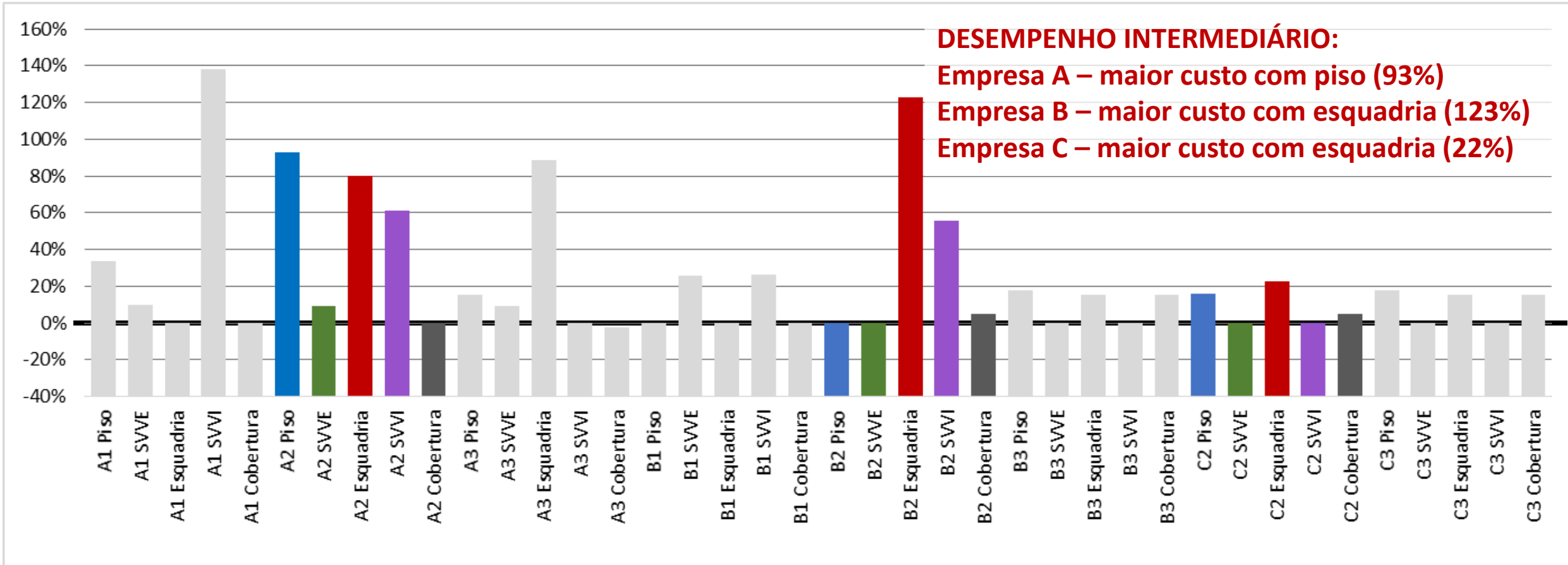
COMPARATIVO DE CUSTOS DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS PARA O ATENDIMENTO DOS REQUISITOS TÉRMICO E ACÚSTICO DA NBR 15575

Engenheira Civil Renata Pontalti Rossi – Fontana Arquitetura e Engenharia



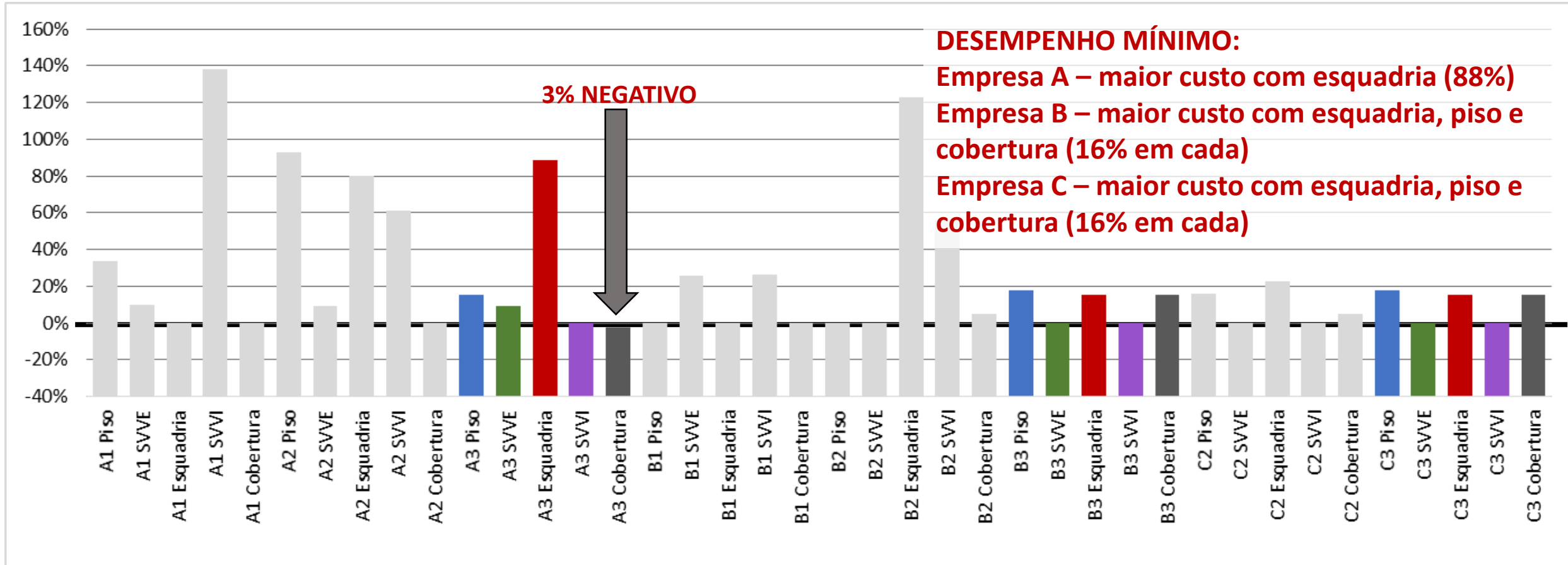
COMPARATIVO DE CUSTOS DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS PARA O ATENDIMENTO DOS REQUISITOS TÉRMICO E ACÚSTICO DA NBR 15575

Engenheira Civil Renata Pontalti Rossi – Fontana Arquitetura e Engenharia



COMPARATIVO DE CUSTOS DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS PARA O ATENDIMENTO DOS REQUISITOS TÉRMICO E ACÚSTICO DA NBR 15575

Engenheira Civil Renata Pontalti Rossi – Fontana Arquitetura e Engenharia



ENSAIOS EM PROTÓTIPOS

AVALIAÇÕES DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM SITUAÇÕES REAIS



DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS ENTRE RESULTADOS EM CAMPO E DE LABORATÓRIO

ENSAIOS EM PROTÓTIPOS

AVALIAÇÕES DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM SITUAÇÕES REAIS

Sistemas de Fachadas

- Revestimento externo reboco
- Revestimentos internos
 - ✓ Gesso acartonado sem lã mineral
 - ✓ Gesso acartonado com lã mineral
 - ✓ Reboco

Sistemas de Pisos

- Laminado com 4 diferentes mantas sem contrapiso
- Porcelanato sem contrapiso
- Laminado com 4 diferentes mantas com contrapiso convencional
- Porcelanato com contrapiso convencional
- Laminado com 4 diferentes mantas com contrapiso leve
- Porcelanato com contrapiso convencional leve



Muito obrigado!

Daniel T. Pagnussat

Contato:

E-mail: danipag@yahoo.com

daniel.pagnussat@ufrgs.br

LBTEC – Laboratório de Tecnologia Construtiva (UCS) –

llabtec@ucs.br

(54) 3289-9036 e 3289-9026