

DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES

Prof. Dr. Bernardo Fonseca Tutikian

Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil

Head of itt Performance

bftutikian@unisinobr

A norma de desempenho foi estabelecida para atender às exigências dos usuários, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado;

Níveis de desempenho

Em função das necessidades básicas de segurança, saúde, higiene e de economia, são estabelecidos para os diferentes sistemas requisitos mínimos de desempenho **(M)**, que devem ser considerados e atendidos. Também indica-se os valores relativos aos níveis intermediário **(I)** e superior **(S)**

EXIGÊNCIAS ABNT NBR 15575:2013

• Segurança

- ❖ Estrutural
- ❖ Contra o fogo
- ❖ No uso e na Operação

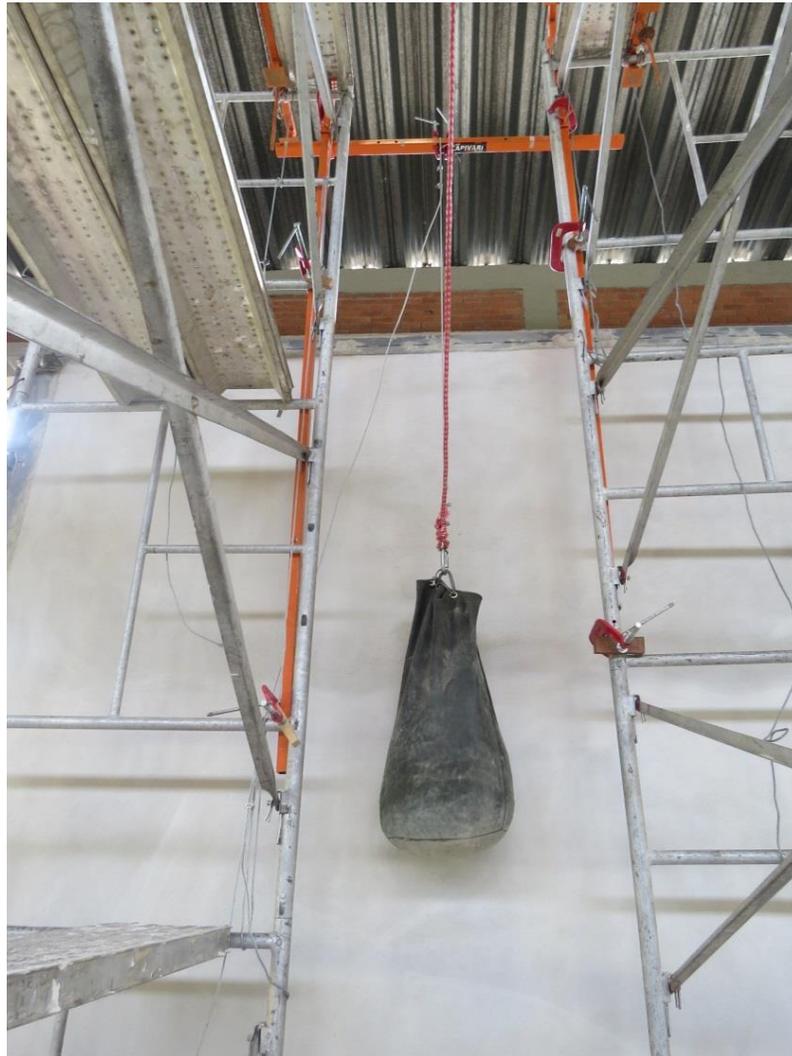
• Sustentabilidade

- ❖ Durabilidade
- ❖ Manutenibilidade
- ❖ Impacto ambiental

• Habitabilidade

- ❖ Estanqueidade
- ❖ Desempenho térmico
- ❖ Desempenho acústico
- ❖ Desempenho lumínico
- ❖ Saúde, higiene e qualidade do ar
- ❖ Funcionalidade e acessibilidade
- ❖ Conforto tátil e antropodinâmico

ENSAIOS MECÂNICOS – Resistência ao impacto de corpo mole

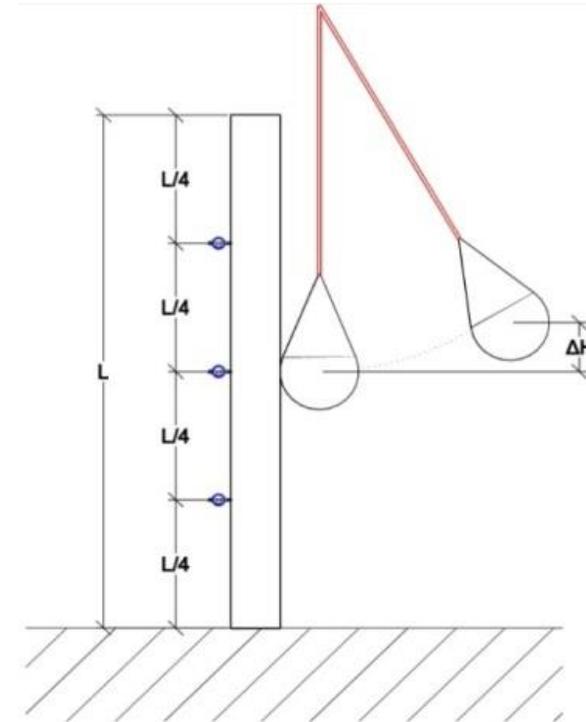


Elemento	Impactos	Energia de impacto de corpo mole (J)	CrITÉrios de desempenho	NÍvel de desempenho
Vedações verticais sem função estrutural	Impactos externos (acesso externo do público)	720	Não ocorrência de ruptura	I;S
		480		
		360	Não ocorrência de falhas	
		240	Não ocorrência de falhas $dh \leq h/125$ $dhr \leq h/625$	
		180	Não ocorrência de falhas	
		120		
	Impactos internos	480	Não ocorrência de ruína	M
		360		
		240	Não ocorrência de falhas Limitação dos deslocamentos horizontais $dh \leq h/125$ $dhr \leq h/625$	
		180	Não ocorrência de falhas	
		120		
		Impactos internos	360	
180				
120	Não ocorrência de falhas Limitação dos deslocamentos horizontais $dh \leq h/125$ $dhr \leq h/625$			

ENSAIOS MECÂNICOS – Resistência ao impacto de corpo mole



Protótipo com vedação de bloco cerâmico

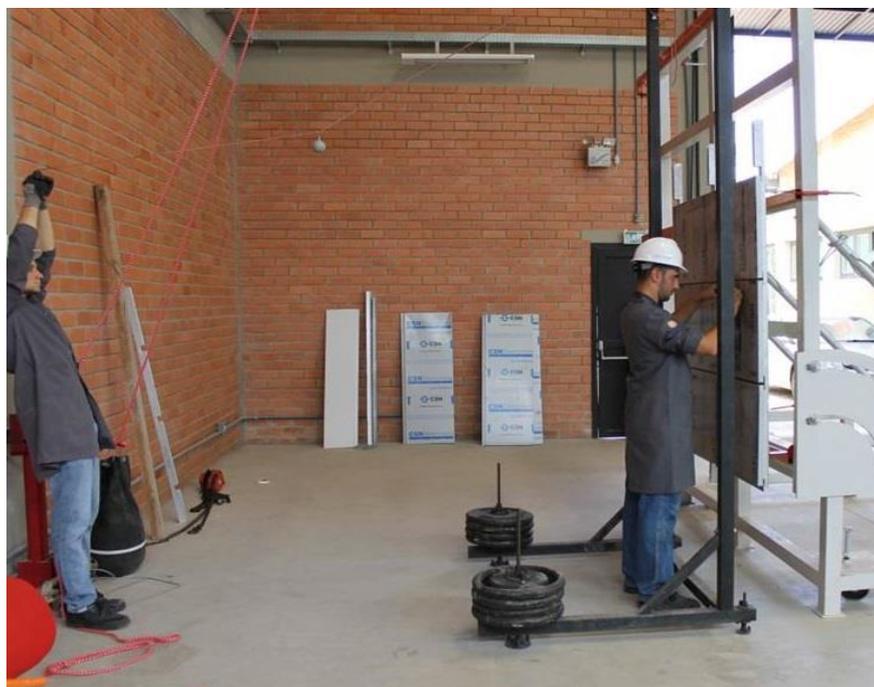


Ensaio impacto corpo mole



APROVADO

ENSAIOS MECÂNICOS – Resistência ao impacto de corpo duro

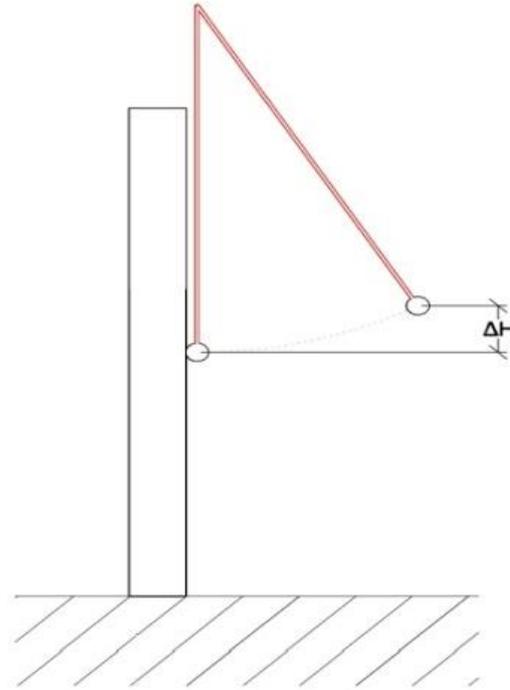


Sistema	Impacto	Energia de impacto de corpo duro J	Critérios de desempenho	Nível de desempenho
Vedação Vertical com ou sem função estrutural	Impacto externo (acesso externo do público)	3,75	Não ocorrência de falhas, inclusive no revestimento	M
		20	Não ocorrência de ruptura e nem transpasse	
		3,75	Não ocorrência de falhas Profundidade da moosa $p \leq 2,0$ mm	I; S
		20	Não ocorrência de ruptura e nem transpasse	
	Impacto interno (todos os pavimentos)	2,5	Não ocorrência de falhas	M
		10	Não ocorrência de ruptura e nem transpasse	
		2,5	Não ocorrência de falhas Profundidade da moosa $p \leq 2,0$ mm	I; S
		10	Não ocorrência de ruptura e nem transpasse	

ENSAIOS MECÂNICOS – Resistência ao impacto de corpo duro



Protótipo com vedação de bloco cerâmico



Ensaio impacto corpo duro



Resultado impacto corpo duro



APROVADO



ENSAIOS MECÂNICOS – Resistência à cargas suspensas



Carga de ensaio aplicada em cada ponto (kN)	Carga de ensaio aplicação na peça (kN)	Crítérios de desempenho	Nível de desempenho
0,4	0,8	Ocorrência de fissuras toleráveis. Limitação dos deslocamentos horizontais: $dh < h/500$ $dhr < h/2\ 500$	M
0,5	1	Não ocorrência de fissuras ou destacamentos. Limitação dos deslocamentos horizontais: $dh < h/500$ $dhr < h/2\ 500$	I
0,6	1,2	Não ocorrência de fissuras ou destacamentos. Limitação dos deslocamentos horizontais: $dh < h/500$ $dhr < h/2\ 500$	S

Onde:

h é altura do elemento parede;

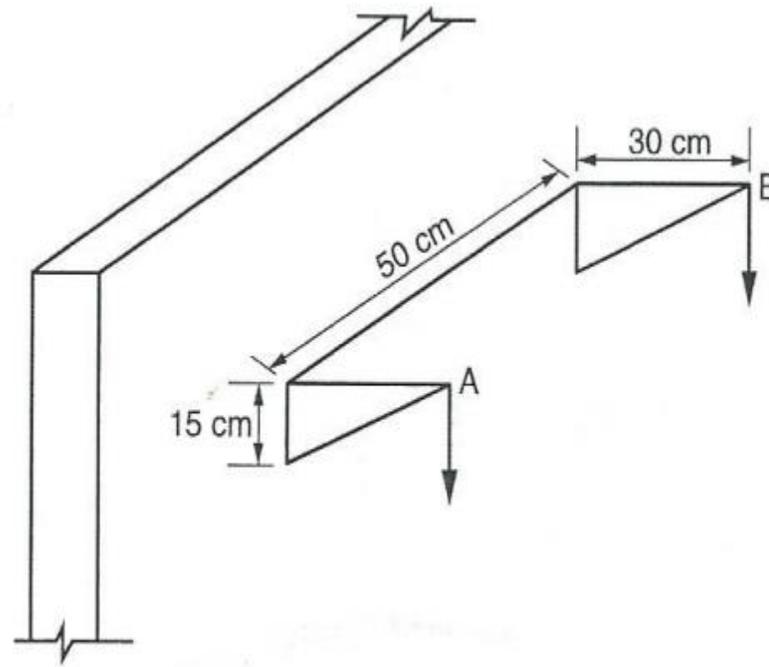
dh é o deslocamento horizontal;

dhr é o deslocamento residual.

ENSAIOS MECÂNICOS – Resistência a cargas suspensas



Protótipo com vedação de bloco cerâmico



Ensaio carga suspensa



Resultado carga suspensa



APROVADO

Ações transmitidas por portas



- 10 operações de fechamento brusco com liberação de cargas. (Verificação dos danos no sistema de abertura, encontro com marco, cisalhamento, destacamento e juntas e componentes);
- Ações de impacto de corpo mole com energia de 240J no centro geométrico da folha da porta.

Ações transmitidas por portas



Ações transmitidas por portas



Verifica-se se há danos na interface porta/sistema

Aprovado!

Resistência ao fogo

ELEMENTOS ESTRUTURAIS DEVEM APRESENTAR RESISTÊNCIA AO FOGO POR UM PERÍODO MÍNIMO DE **30 MINUTOS - CRITÉRIOS:**

- A - ESTANQUEIDADE** – avaliar as chamas e gases quentes liberados por fissuras ou aberturas no elemento construtivo;
- B - ISOLAMENTO TÉRMICO** – avaliar se o calor foi transmitido por radiação e condução através da superfície do elementos construtivo (Temperatura face não exposta atingir ***140 °C + T amb. MÉDIA*** ou ***180 °C + T amb. LOCAL***).
- C - ESTABILIDADE** – avaliar se houve ou não apresenta sinais de perda de função no tempo de ensaio;

ESTÁVEL AO FOGO [C]

PARA-CHAMAS [BC]

CORTA-FOGO [ABC]

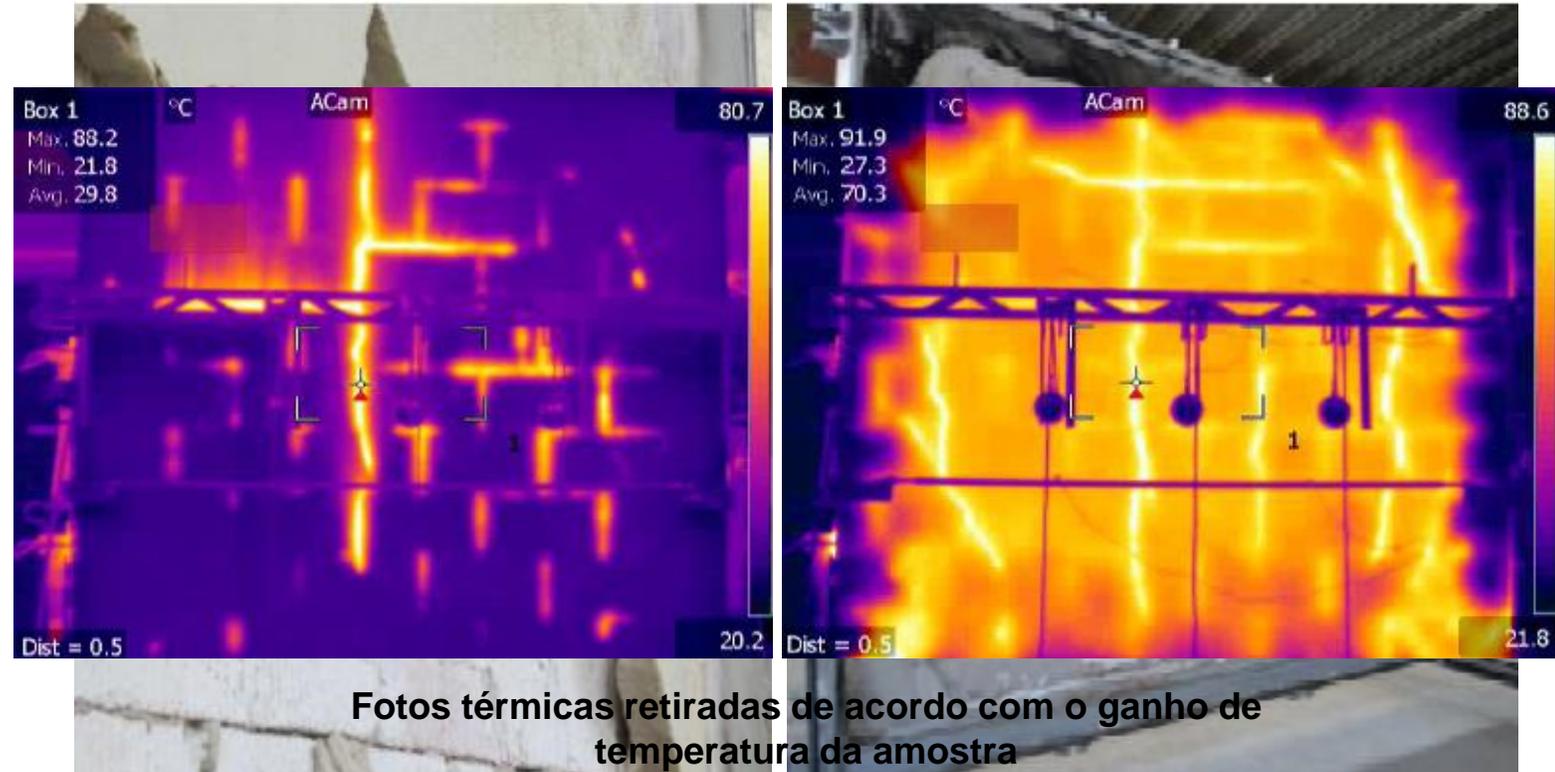
Resistência ao fogo



ENSAIOS DE RESISTÊNCIA AO FOGO



Vista da amostra acoplada ao forno



Fotos térmicas retiradas de acordo com o ganho de temperatura da amostra

Aspecto final após o ensaio da amostra

CORTA-FOGO



APROVADO

Resistência ao fogo

Grupo	Ocupação/uso	Divisão	Profundidade do subsolo		Altura da edificação				
			Classe S2 hs > 10m	Classe S1 hs ≤ 10m	Classe P1 h ≤ 6m	Classe P2 6 < h ≤ 12	Classe P3 12 < h ≤ 23	Classe P4 23 < h ≤ 30	Classe P5 h > 30m
A	Residencial	A-1 a A-3	90	60 (30)	30	30	60	90	120
B	Serviços de hospedagem	B-1 e B-2	90	60	30	60 (30)	60	90	120
C	Comercial varejista	C-1 a C-3	90	60	60 (30)	60 (30)	60	90	120
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60 (30)	30	30	60	90	120
F	Locais de reunião de público	F-1, F-2, F-5, F-6 e F-8	90	60	60 (30)	60	60	90	120
G	Serviços automotivos	G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-5	90	60(30)	30	60 (30)	60	90	120
		G-1 e G-2 abertos lateralmente	90	60(30)	30	30	30	30	60
H	Serviços de saúde e institucionais	H-1 a H-5	90	60	30	60	60	90	120
I	Industrial	I-1	90	60 (30)	30	30	60	90	120
		I-2	120	90	60 (30)	60 (30)	90 (60)	120 (90)	120
J	Depósitos	J-1	90	60 (30)	30	30	30	30	60
		J-2	120	90	60	60	90 (60)	120 (90)	120

Desempenho acústico

Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE

Devem ser avaliados os **dormitórios** da unidade habitacional.

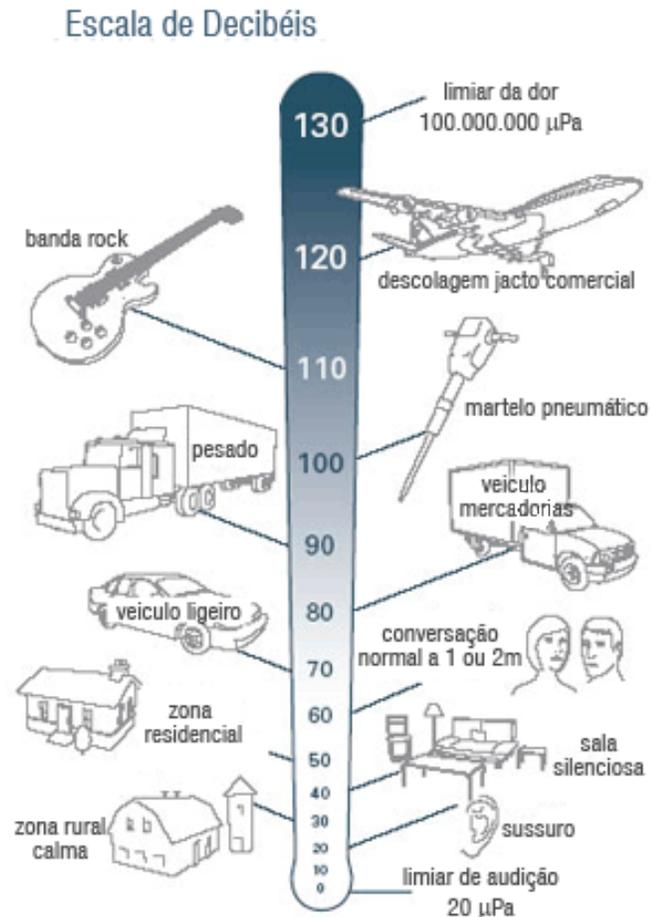
Deve-se utilizar um dos métodos de campo para a determinação de:

$D'_{2m,nT,w}$ para sistemas de vedações verticais externas

$D'_{nT,w}$ para sistemas de vedações internas

$L'_{nT,w}$ para sistemas de pisos (ruído de impacto)

As medições devem ser executadas com portas e janelas fechadas, como foram **entregues** pela empresa construtora ou incorporadora.

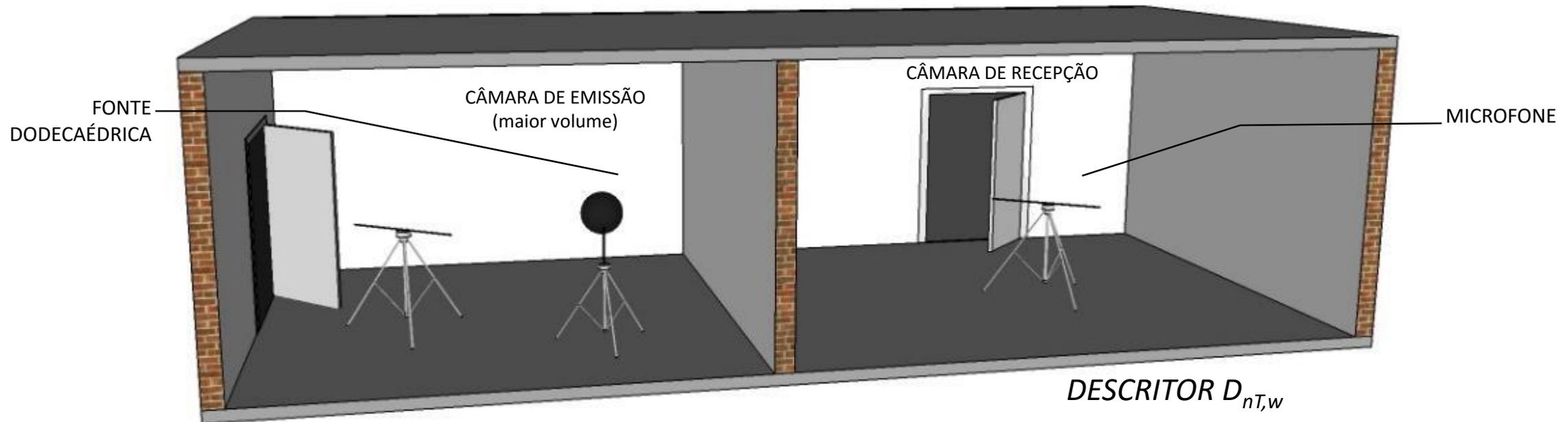


Vedações Verticais Externas – Ruído Aéreo

CLASSE DE RUÍDO	LOCALIZAÇÃO DA HABITAÇÃO	R_w (dB)	NÍVEL DE DESEMPENHO
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer natureza	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 35	M
		≥ 40	I
		≥ 45	S
NOTA 1 Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há requisitos específicos. NOTA 2 Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias, há necessidade de estudos específicos.			

Vedações Verticais Internas – Ruído Aéreo

Principais fontes de ruído: Conversas e áudio de equipamentos



ELEMENTO	R_w (dB)	NÍVEL DE DESEMPENHO
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	45 a 49	M
	49 a 54	I
	≥ 55	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias dos pavimentos	45 a 49	M
	49 a 54	I
	≥ 55	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	35 a 39	M
	40 a 44	I
	≥ 45	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas	50 a 54	M
	54 a 59	I
	≥ 60	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S

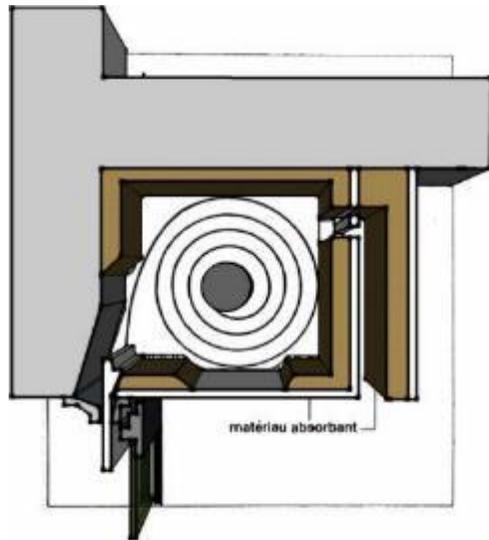
Desempenho acústico



Desempenho acústico



Esquadrias



As **frestas** provocadas pela falta de qualidade do elemento construtivo ou sua instalação, **diminuem** substancialmente a **resistência sonora** de um fechamento.

As janelas são as superfícies de contato com o meio externo com **maior possibilidade** de transmissão acústica.

Os **pequenos espaços** entre a folha e o marco constituem o **ponto mais frágil** do isolamento acústico das **portas**.

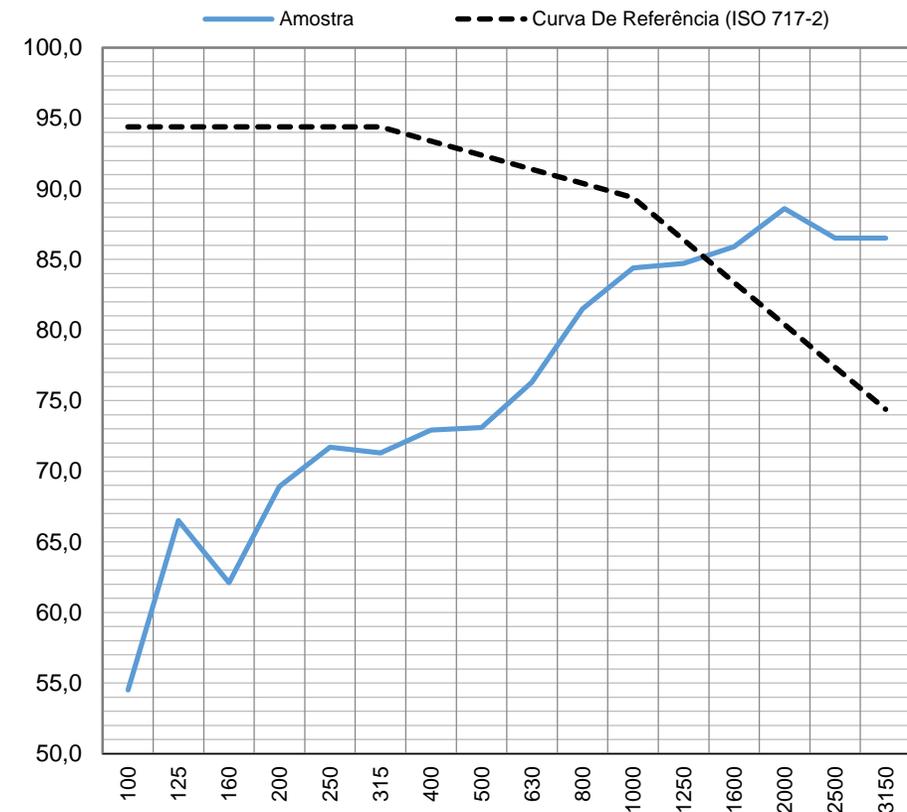
O isolamento acústico de esquadrias **não obedece aos valores da lei da massa**.

Problemas executivos



ENSAIOS DE RUÍDO DE IMPACTO - Diferentes Lajes

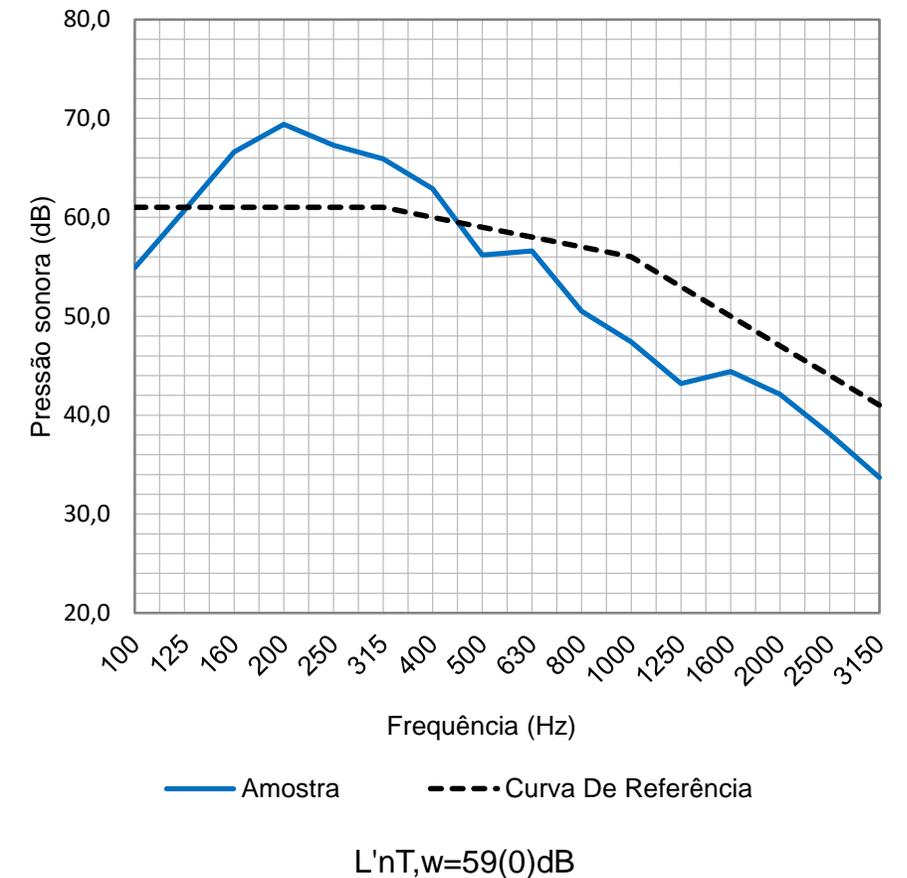
Tabela cerâmica e vigota de concreto armado



L'nT,w=92(-13)dB

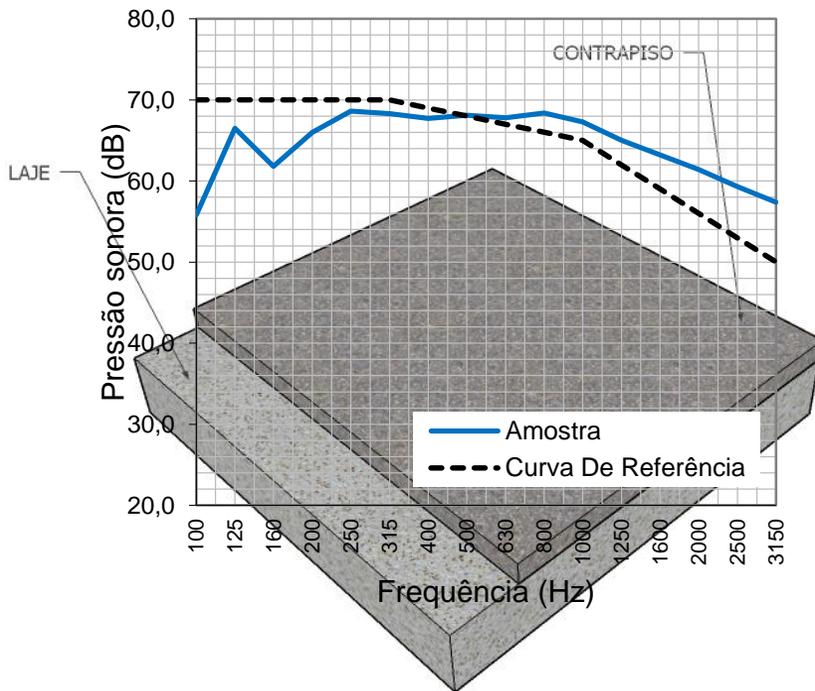
ENSAIOS DE RUÍDO DE IMPACTO - Diferentes Lajes

Tabela cerâmica e vigota de concreto armado com laminado

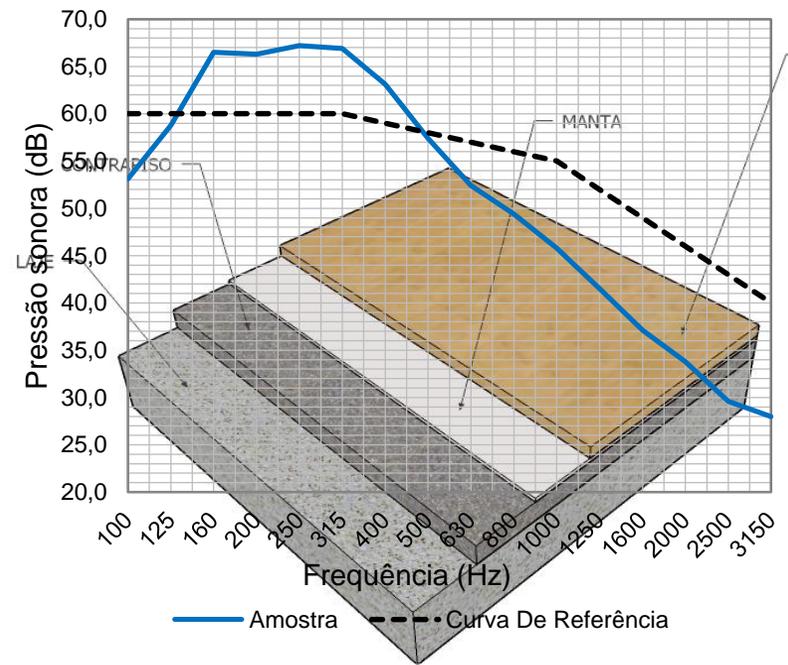


 **APROVADO**

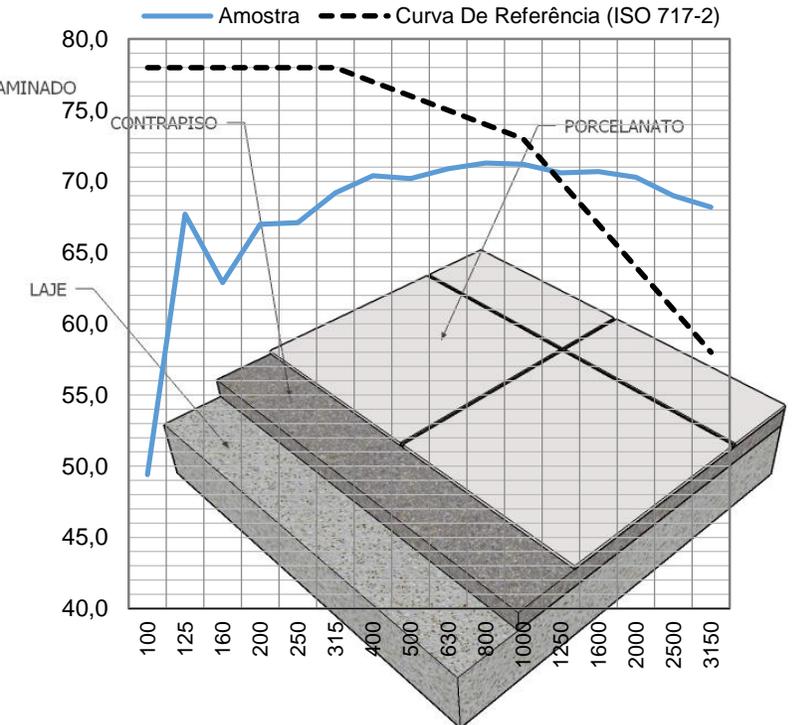
ENSAIOS DE RUÍDO DE IMPACTO - Comparação de acabamentos em sistema de piso



$L'nT,w = 68 (-5)Db$
MÍNIMO

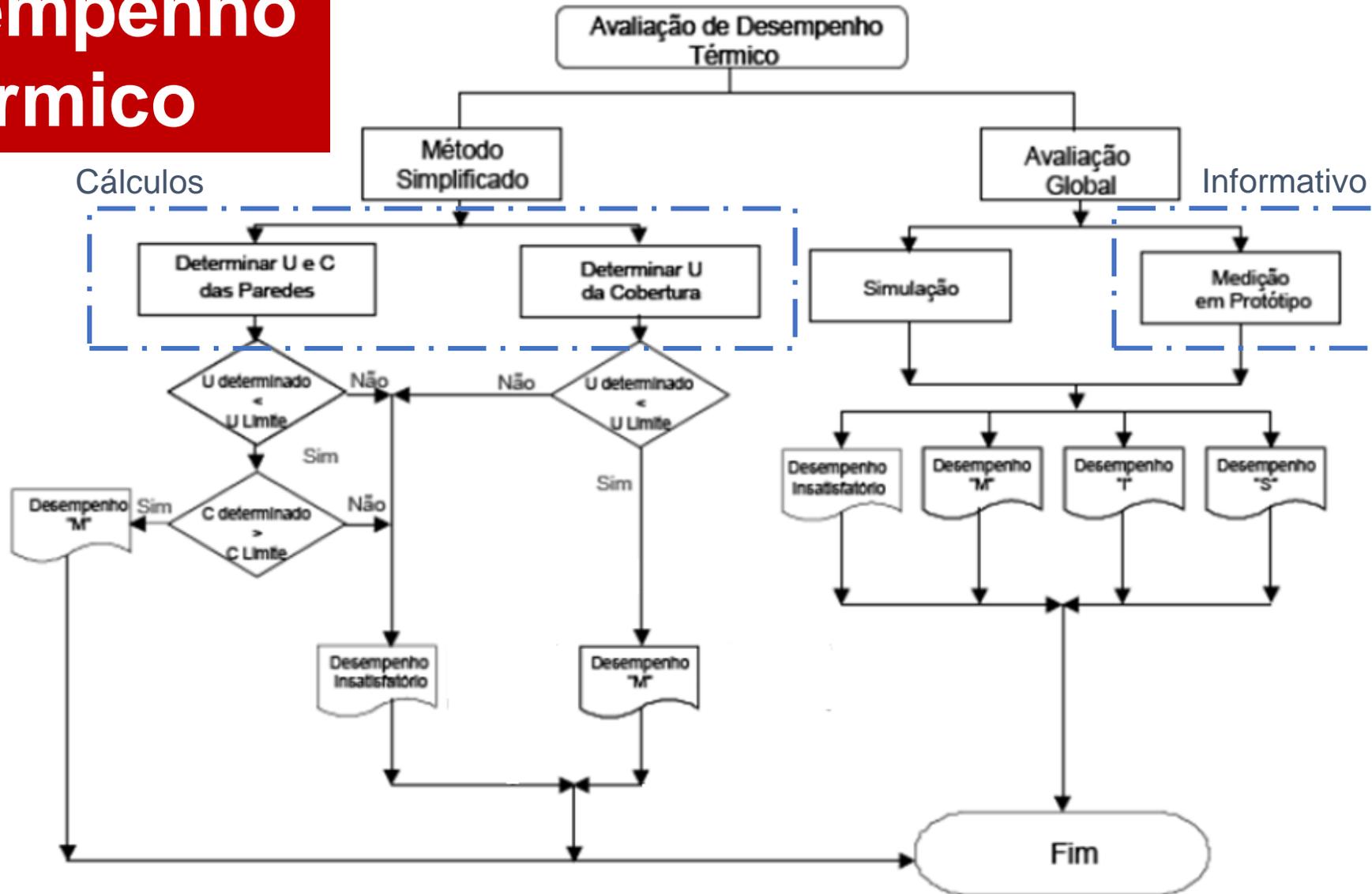


$L'nT,w=58(+1)Db$
INTERMEDIÁRIO



$L'nT,w=76 (-10)Db$
MÍNIMO

Desempenho térmico



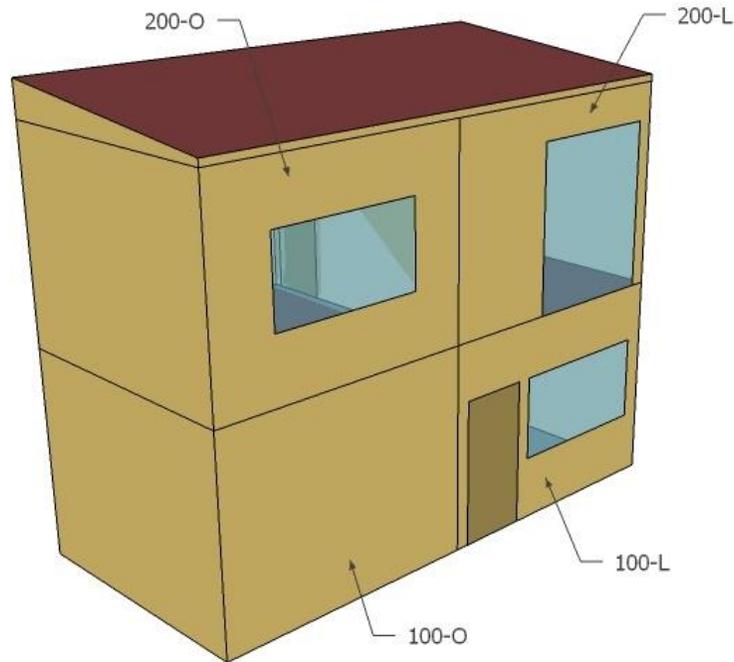
DESEMPENHO TÉRMICO – Avaliação global



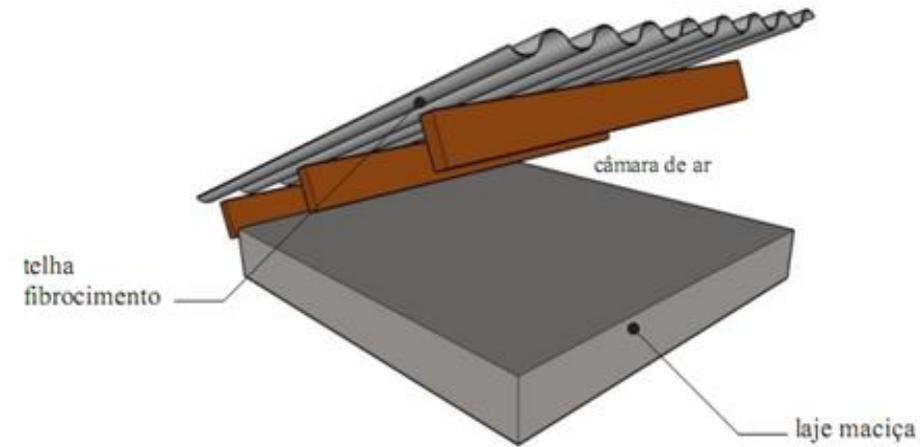
Cobertura com manta térmica

DESEMPENHO TÉRMICO – Simulação Computacional

Simulação para blocos de concreto celular autoclavado

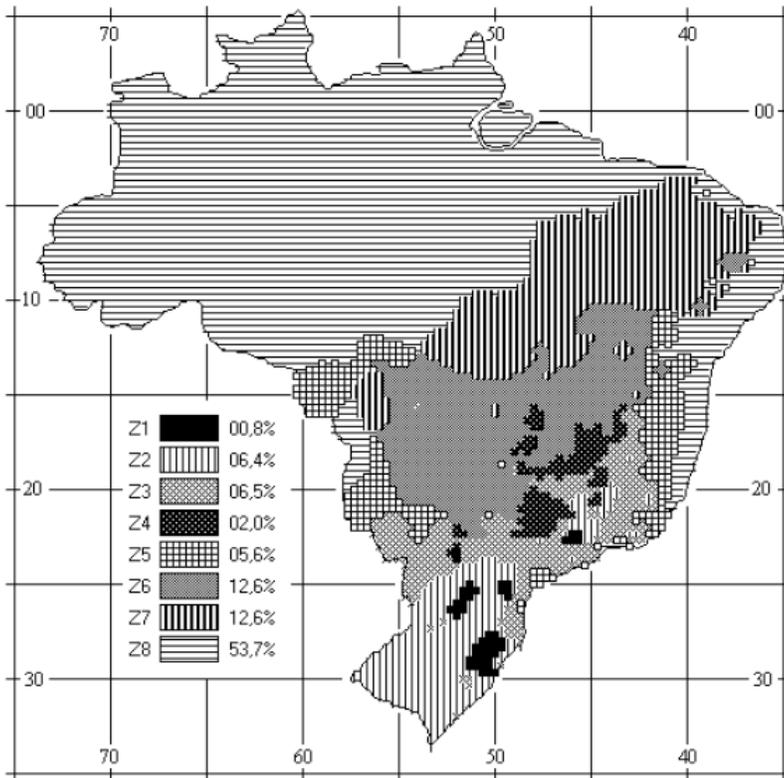


Perspectiva da amostra ensaiada



Corte de cobertura

DESEMPENHO TÉRMICO – Simulação Computacional



Zonas bioclimáticas brasileiras
ABNT NBR 15220-3/2005

ZB	Absort.	Situação	Temp. externa	Ambientes				Nível de desempenho
				100-L	100-O	200-L	200-O	
				Condição padrão ¹				
3	0,3	Verão	31,80	25,57	24,05	30,27	28,96	M
		Inverno	6,06	13,16	13,58	10,85	10,95	M
	0,5	Verão	31,80	25,96	24,35	30,76	29,35	M
		Inverno	6,06	13,37	13,77	11,13	11,21	I
	0,7	Verão	31,80	26,32	24,68	31,20	29,70	M
		Inverno	6,06	13,56	13,96	11,39	11,45	I

Resultados para Zona Bioclimática 3
(BELO HORIZONTE)

APROVADO

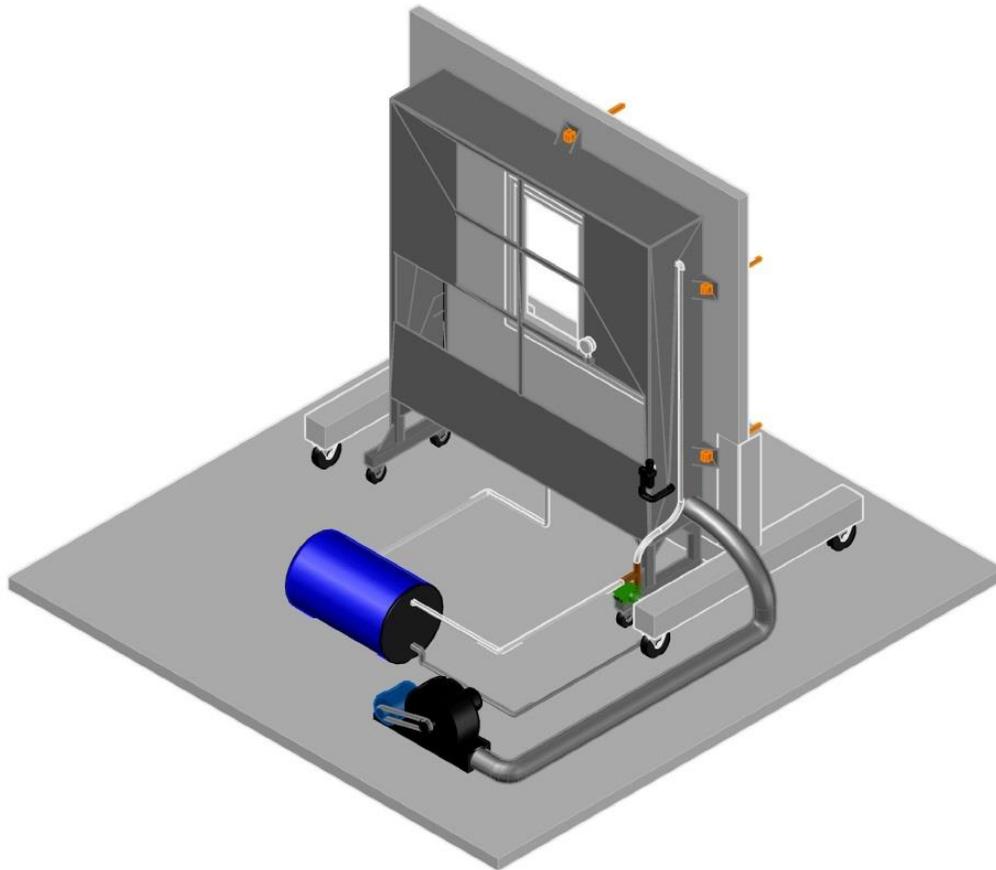
Desempenho térmico – Simulação Computacional



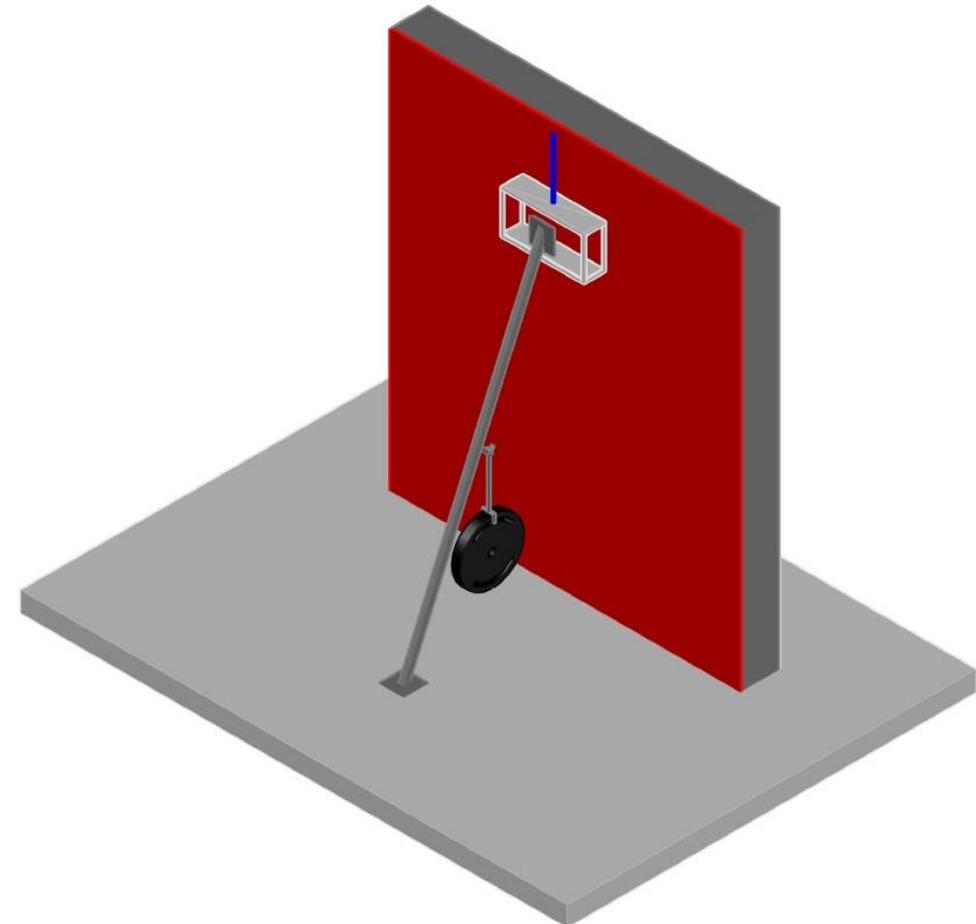
Desempenho térmico – Simulação Computacional

Nível de desempenho – Condição Padrão ¹					
ZB	Telha fibrocimento	3 cm de EPS	5 cm de EPS	10 cm de EPS	20 cm de EPS
1 Curitiba	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Superior
3 Belo Horizonte	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário
3 Campinas	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
3 Porto Alegre	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário
3 São Paulo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
4 Brasília	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário
5 Iguape	Intermediário	Superior	Superior	Superior	Superior
8 Aracaju	Não atende				
8 Manaus	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
8 Rio de Janeiro	Intermediário	Intermediário	Superior	Superior	Superior

Estanqueidade



Ensaio de estanqueidade com esquadria no sistema vertical de vedação



Ensaio de permeabilidade no sistema vertical de vedação

ENSAIO DE ESTANQUEIDADE



Amostra ensaiada



Câmara acoplada



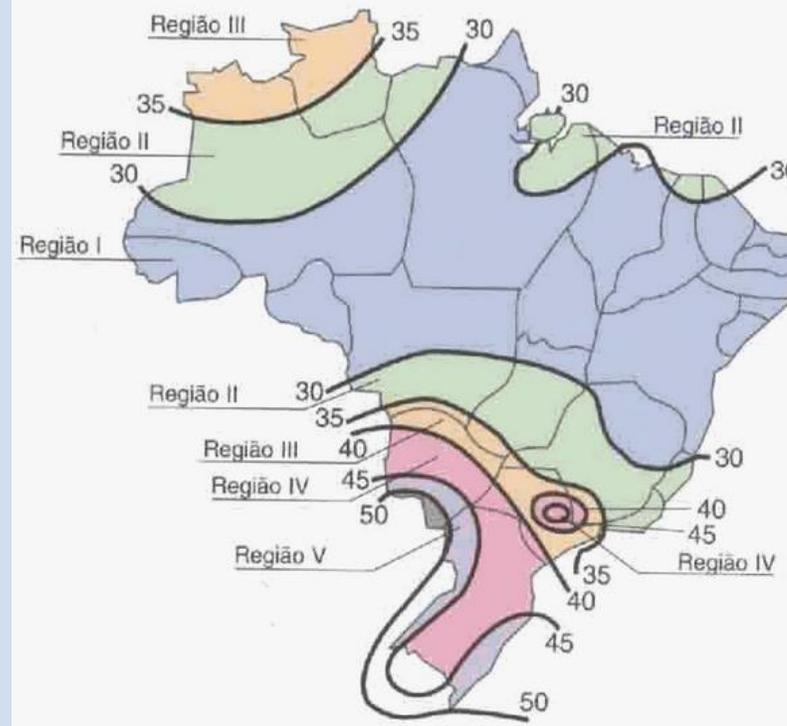
Presença de água na face interna

ENSAIO DE ESTANQUEIDADE

Classificação técnica do produto (ABNT NBR 10821)	Região do país	Quantidade de pavimentos
Nível de desempenho	V	2
Aplicação: - Edifícios com até dois pavimentos		

MÍNIMO

REGIÃO DE UTILIZAÇÃO
 - Em qualquer local do país.



RECOMENDAÇÕES:

- Este produto só pode ser utilizado em edificações com até dois pavimentos e altura máxima de seis metros



APROVADO

DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES

Prof. Dr. Bernardo Fonseca Tutikian

Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil

Head of itt Performance

bftutikian@unisinobr