INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

COMUNICAÇÃO TÉCNICA

Nº 175839

Condicionantes do desempenho acústico de alvenarias de bloco de concreto

Antonio Fernando Berto

Palestra apresentada no Bloco Brasil , São Paulo, 2018.

A série "Comunicação Técnica" compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

www.ipt.br

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

Condicionantes do Desempenho Acústico de Alvenarias de Blocos de Concreto

Eng. Dr. Fulvio Vittorino
☎ (11) 3767-4553
fulviov@ipt.br

Sumário

- Desempenho de Acústico de Componentes x Desempenho de Elementos
- O Desempenho Acústico na ABNT NBR 15575/2013
- Fundamentos do Desempenho Acústico de Elementos de Partição Vertical
- Isolação sonora em Edificações
- Olhando em Profundidade- Holografias
- Considerações Finais



Perguntas ainda feitas:

- **Blocos de Concreto** de "X" cm atendem desempenho?
- **Blocos de Concreto atendem à NBR 15.575?**





- Como escolher a melhor solução para atender a NBR 15.575?

Abrangência da ABNT NBR 15575/2013

Quem deve atender à NBR 15575 é:

- A edificação habitacional como um todo; ou
- Os seus elementos constituintes: paredes/fachadas (estruturais ou não + esquadrias), coberturas (telhados + forros), etc.;





Normas técnicas para Componentes

- Componentes devem atender suas respectivas Normas Prescritivas:
  - ABNT NBR 6136:2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos; e
  - ABNT NBR 12118:2013 - Versão Corrigida:2014 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio.

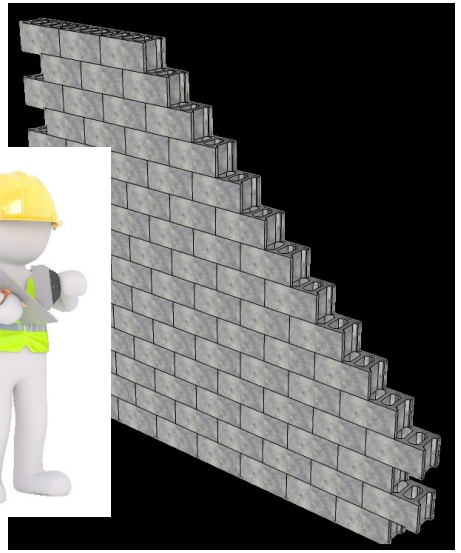


As perguntas certas:

- Com esse componente é possível se construir elementos (paredes em alvenaria) ou edificações que atendem à ABNT NBR 15.575/2013?
- Como devo projetar e/ou executar um elemento ou a edificação para atender a ABNT NBR 15.575/2013, usando esse componente?







E as demais normas sobre alvenaria?



- ABNT NBR 15961-1:2011 Alvenaria estrutural — Blocos de concreto - Parte 1: Projeto
  - Especifica os requisitos mínimos exigíveis para o projeto de estruturas de alvenaria de blocos de concreto.
- ABNT NBR 15961-2:2011 Alvenaria estrutural — Blocos de concreto - Parte 2: Execução e controle de obras
  - Estabelece os requisitos mínimos exigíveis para a execução e o controle de obras com estruturas de alvenaria de blocos de concreto.
- ABNT NBR 16522:2016 - Alvenaria de blocos de concreto - Métodos de ensaio
  - Estabelece o procedimento de preparo e os métodos de ensaio de elementos em alvenaria construídos com blocos de concreto (prisma, pequena parede e parede), submetidos a esforços de compressão axial, cisalhamento, flexão e flexocompressão.



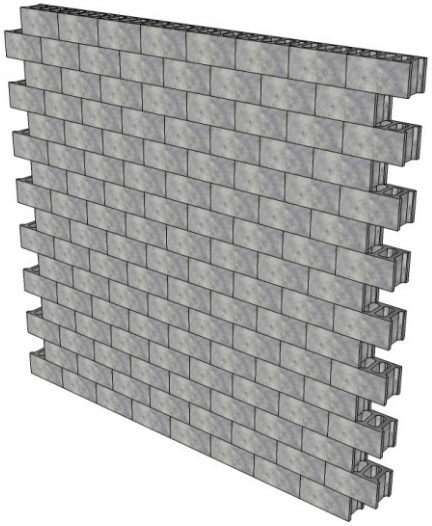
- Foco na Segurança Estrutural
- Não são suficientes para garantir o desempenho ACÚSTICO

O Desempenho Acústico na ABNT NBR 15575/2013

O conceito incorporado na NBR 15.575

- A convivência harmoniosa entre essas duas categorias de atividade implica, necessariamente, na separação acústica.







- A separação acústica é representada pelo isolamento acústico entre um ambiente e outro.

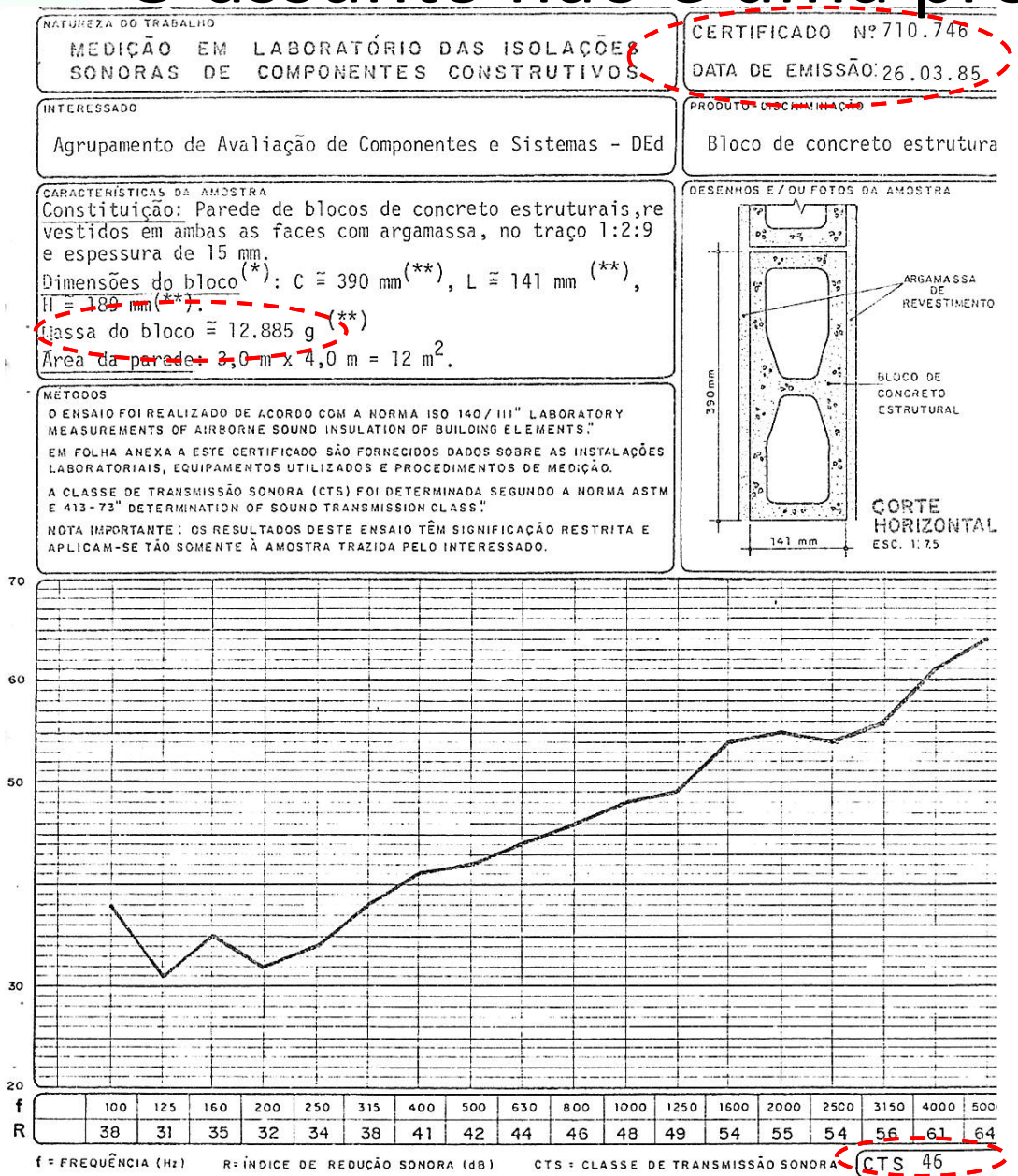
CRIT 12.3.2 – PT 4

NBR 15575-4:2013 - SVVI

Elemento	$D_{nT,w}$ dB	R_w dB	Nível de desempe-nho
• Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	35 a 39	M
	35 a 39	40 a 44	I
	≥ 40	≥ 45	S
• Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório • Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos • Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades)	40 a 44	45 a 49	M
	45 a 49	50 a 54	I
	≥ 50	≥ 55	S
• Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório • Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	50 a 54	M
	50 a 54	55 a 59	I
	≥ 55	≥ 60	S



O assunto não é uma preocupação nova



NATUREZA DO TRABALHO

MEDIÇÃO EM LABORATÓRIO DAS ISOLAÇÕES SONORAS DE COMPONENTES CONSTRUTIVOS

CERTIFICADO Nº 710.746

DATA DE EMISSÃO: 26.03.85

INTERESSADO

Agrupamento de Avaliação de Componentes e Sistemas - DEd

PRODUTO (DESCRIMINAÇÃO)

Bloco de concreto estrutura

CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA

Constituição: Parede de blocos de concreto estruturais, revestidos em ambas as faces com argamassa, no traço 1:2:9 e espessura de 15 mm.

Dimensões do bloco(*): C ≅ 390 mm(**), L ≅ 141 mm (**), H ≅ 189 mm(**).

Massa do bloco ≅ 12.885 g (**)

Área da parede = 3,0 m x 4,0 m = 12 m².

DESENHOS E/OU FOTOS DA AMOSTRA

ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL

390mm

141 mm

CORTE HORIZONTAL

ESC. 1:7,5

MÉTODOS

O ENSAIO FOI REALIZADO DE ACORDO COM A NORMA ISO 140/III" LABORATORY MEASUREMENTS OF AIRBORNE SOUND INSULATION OF BUILDING ELEMENTS."

EM FOLHA ANEXA A ESTE CERTIFICADO SÃO FORNECIDOS DADOS SOBRE AS INSTALAÇÕES LABORATORIAIS, EQUIPAMENTOS UTILIZADOS E PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO.

A CLASSE DE TRANSMISSÃO SONORA (CTS) FOI DETERMINADA SEGUNDO A NORMA ASTM E 413-73" DETERMINATION OF SOUND TRANSMISSION CLASS."

NOTA IMPORTANTE: OS RESULTADOS DESTE ENSAIO TÊM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E APLICAM-SE TÃO SOMENTE À AMOSTRA TRAZIDA PELO INTERESSADO.

70
60
50
30
20

f	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	500
R	38	31	35	32	34	38	41	42	44	46	48	49	54	55	54	56	61	64

f = FREQUÊNCIA (Hz) R = ÍNDICE DE REDUÇÃO SONORA (dB) CTS = CLASSE DE TRANSMISSÃO SONORA

CTS 46

- **Ensaio em 1985, no IPT.**
- Bloco estrutural de 14 cm;
- Massa do Bloco: 12,9 kg
- Revestimento argamassa: 15 mm nas 2 faces;

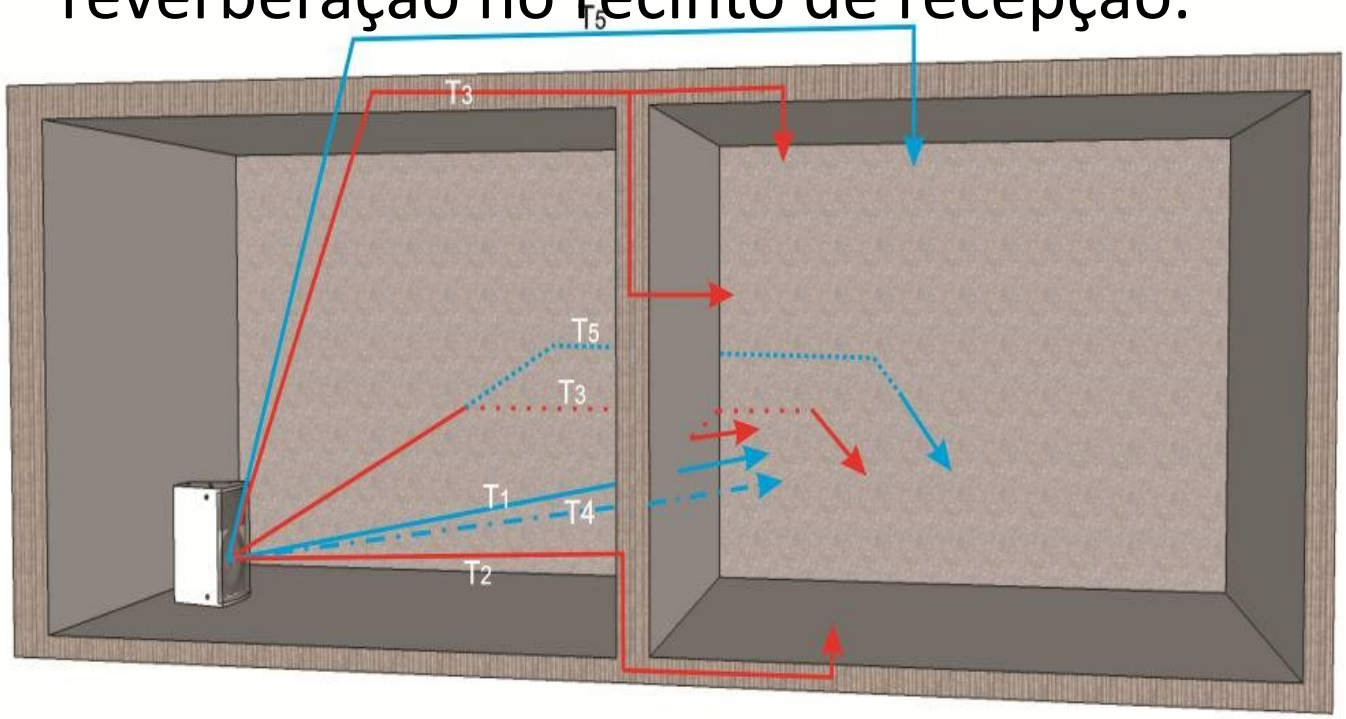
$CTS = 46\ dB \cong R_w$

Resultados similares aos obtidos atualmente.

Caminhos do Som em uma Edificação Real

Ruído Aéreo

- A "Diferença Padronizada de Nível Ponderada", $D_{nT,w}$, é a isolação sonora total entre 2 recintos.
- É a diferença dos níveis médios de pressão sonora, no espaço e no tempo, corrigida pelo tempo de reverberação no recinto de recepção.





Percepção da Fala x Isolação Sonora

Tabela F.8 – Influência da $D_{nT,w}$ sobre a inteligibilidade da fala, para ruído no ambiente interno em torno de 35 dB a 40 dB.

Inteligibilidade de fala alta no recinto adjacente	Isolamento sonoro, $D_{nT,w}$ dB
Claramente audível: ouve e entende	35
Audível: ouve, entende com dificuldade	40
Audível: não entende	45
Não audível	≥ 50
Fonte: Adaptado da Association of Australian Acoustical Consultants, 2010.	



Fonte: ABNT NBR 15575-4/2013 – Anexo F

NBR 15575-4:2013

(Sistemas de Vedações Verticais Externas - SVVE)



Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ dB	R_w dB*	Nível de desempe-nho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20	≥25	M
		≥25	≥30	I
		≥30	≥35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥25	≥30	M
		≥30	≥35	I
		≥35	≥40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥30	≥35	M
		≥35	≥40	I
		≥40	≥45	S

NOTA: Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo (DnT,w e D2m,nT,w) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório (Rw). A diferença entres estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (ver ISO 15712 e EN 12354).

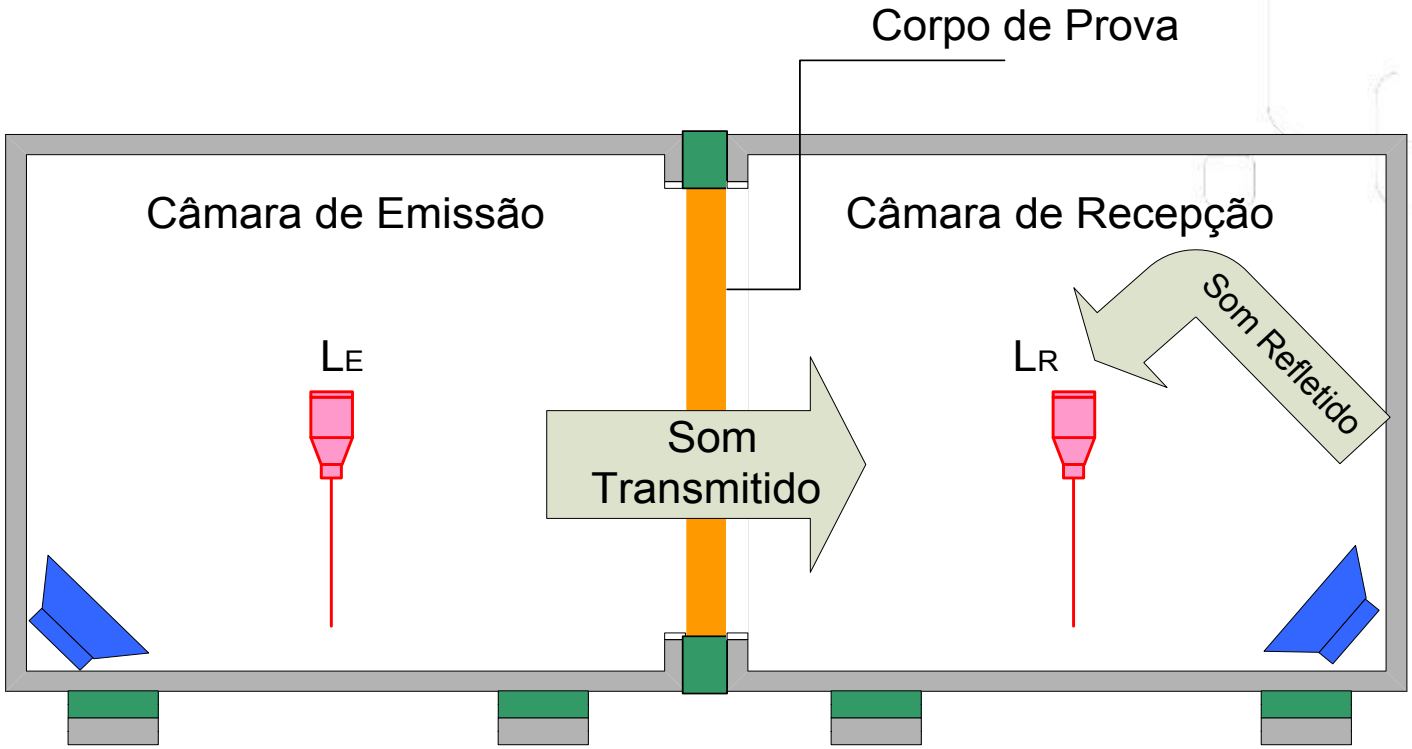
* Rw com valores aproximados

Fonte: Tabela F.9 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa , $D_{2m,nT,w}$ para ensaios de campo e Tabela F.11 – Índice de redução sonora ponderado, $R_{w,}$ de fachadas, do anexo da NBR 15.575-4/2013

NBR 15.575 – Parte 4 – 2013 (Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas - SVVIE)

- 12.2 Métodos disponíveis para a verificação
  - 12.2.1.1 Método de precisão realizado em laboratório ➔ Determina a isolação sonora de componentes construtivos (parede, janela, porta, etc), isoladamente ➔ R_w ☺
  - 12.2.1.2 Método de engenharia realizado em campo ➔ $D_{nT,w}$ ou $D_{2m,nT,w}$ ☺
  - 12.2.1.3 Método simplificado de campo ➔ $D_{nT,w}$ ou $D_{2m,nT,w}$ ☹

Medição de R e Rw em Laboratório



$$R = L_E - L_R + 10.log\frac{S}{A}$$

- L_E = Nível sonoro na câmara de emissão
- L_R = Nível sonoro na câmara de recepção
- S = Área do corpo de Prova;
- A = Área equivalente de absorção sonora. É função do tempo de reverberação

O método de ensaio é descrito na ISO 10140-2

Vistas do Laboratório de Acústica do IPT









A Isolação sonora de Elementos de Paredes

A isolação sonora de uma parede (Elemento) é função de:

- Densidade superficial do elemento → Único modelo matemático simples → **Lei da Massa**;
- Amortecimento interno dos materiais;
- Rigidez dos materiais;
- Continuidade de meio sólido para propagação de vibrações;
  - Variação da impedância acústica ao longo do elemento;
- Vinculações periféricas: junta a prumo, ou em amarração, encunhamento;
- Existência de frestas e porosidade;
- Ressonâncias em espaços de ar → Queda de Isolação Sonora.

Praticamente impossível modelar, completamente, esse conjunto de mecanismos

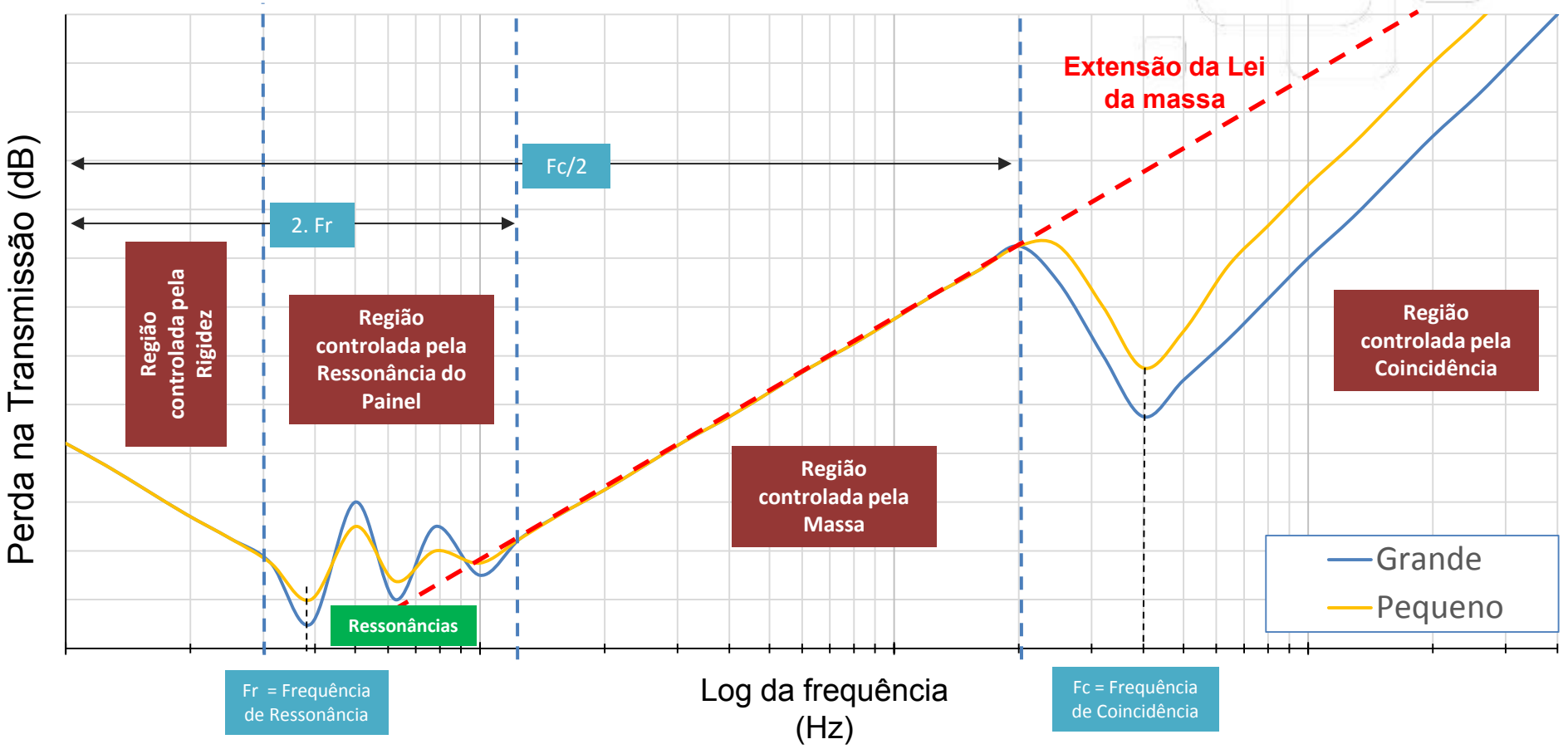
+

<u>Em campo</u>

- Práticas de trabalho, cuidados e falhas de execução;
- Caminhos Laterais → Modelado na Norma ISO 12354/2017
- Existência de Insertos, como caixas de elétrica.

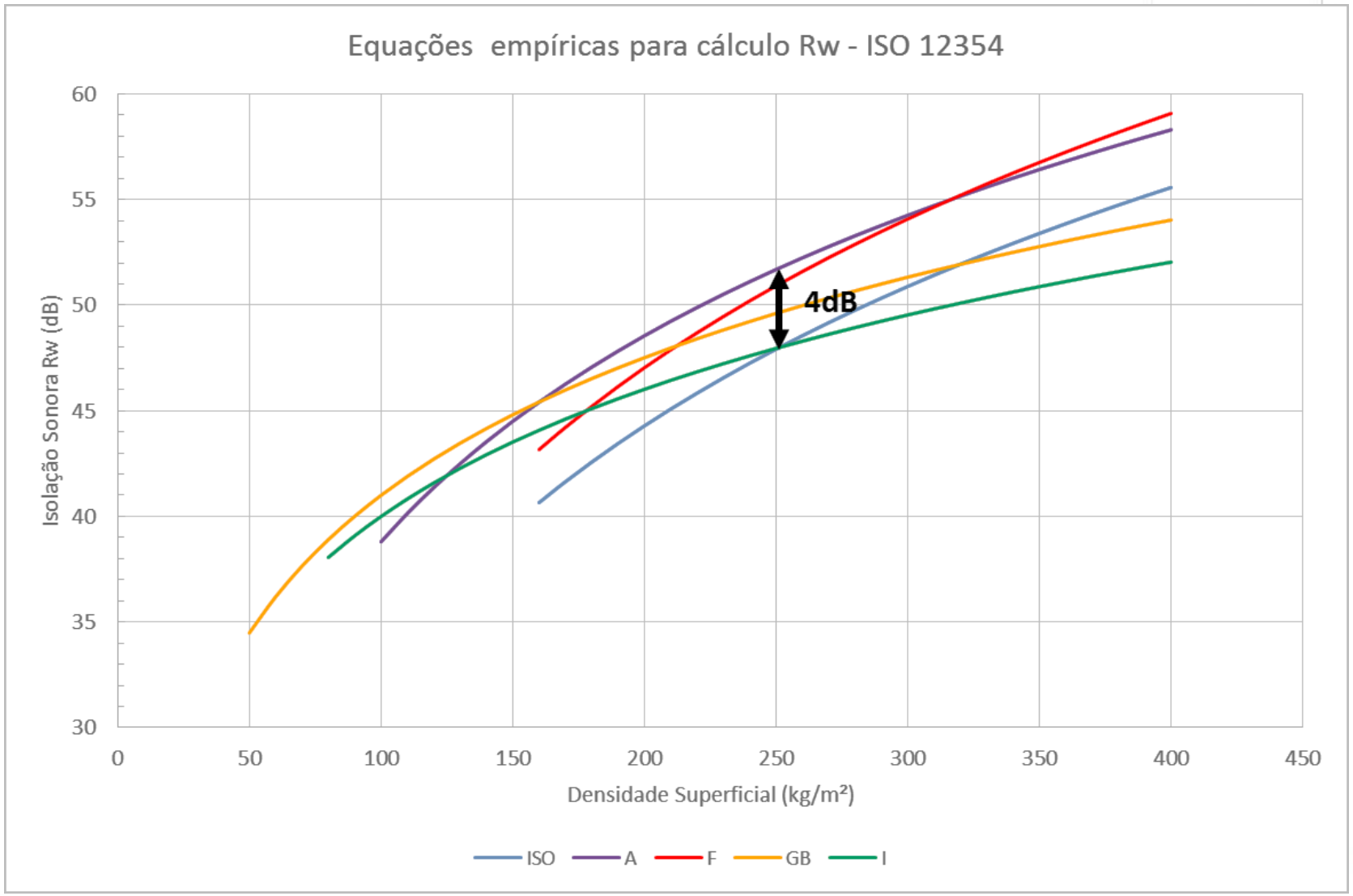


Perda na Transmissão de Painéis Maciços



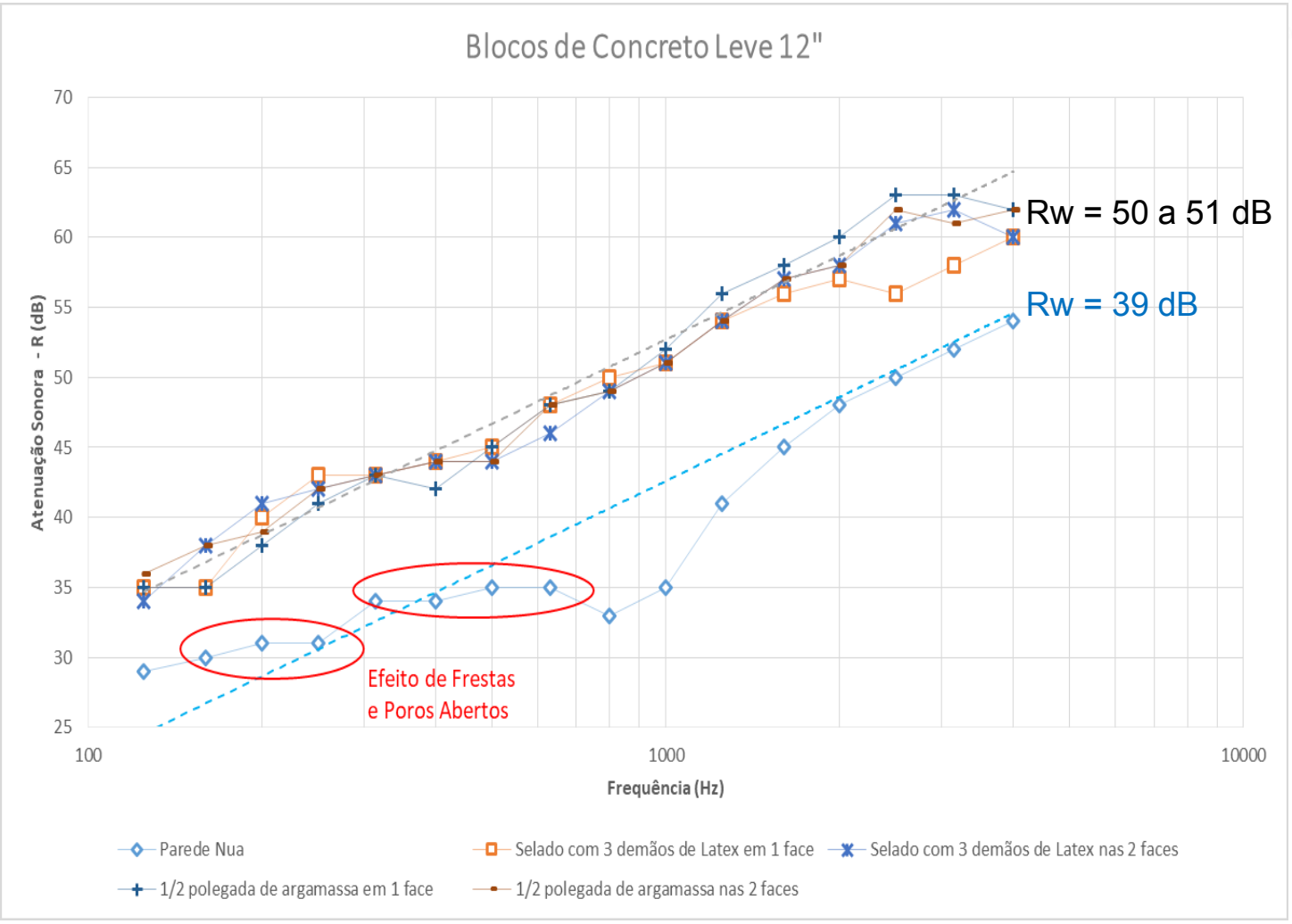
Lei da Massa: Isolação sobe 6 dB quando se dobra a densidade superficial

Modelagem do efeito da densidade de elementos monolíticos





Efeitos de “Frestas Acústicas”





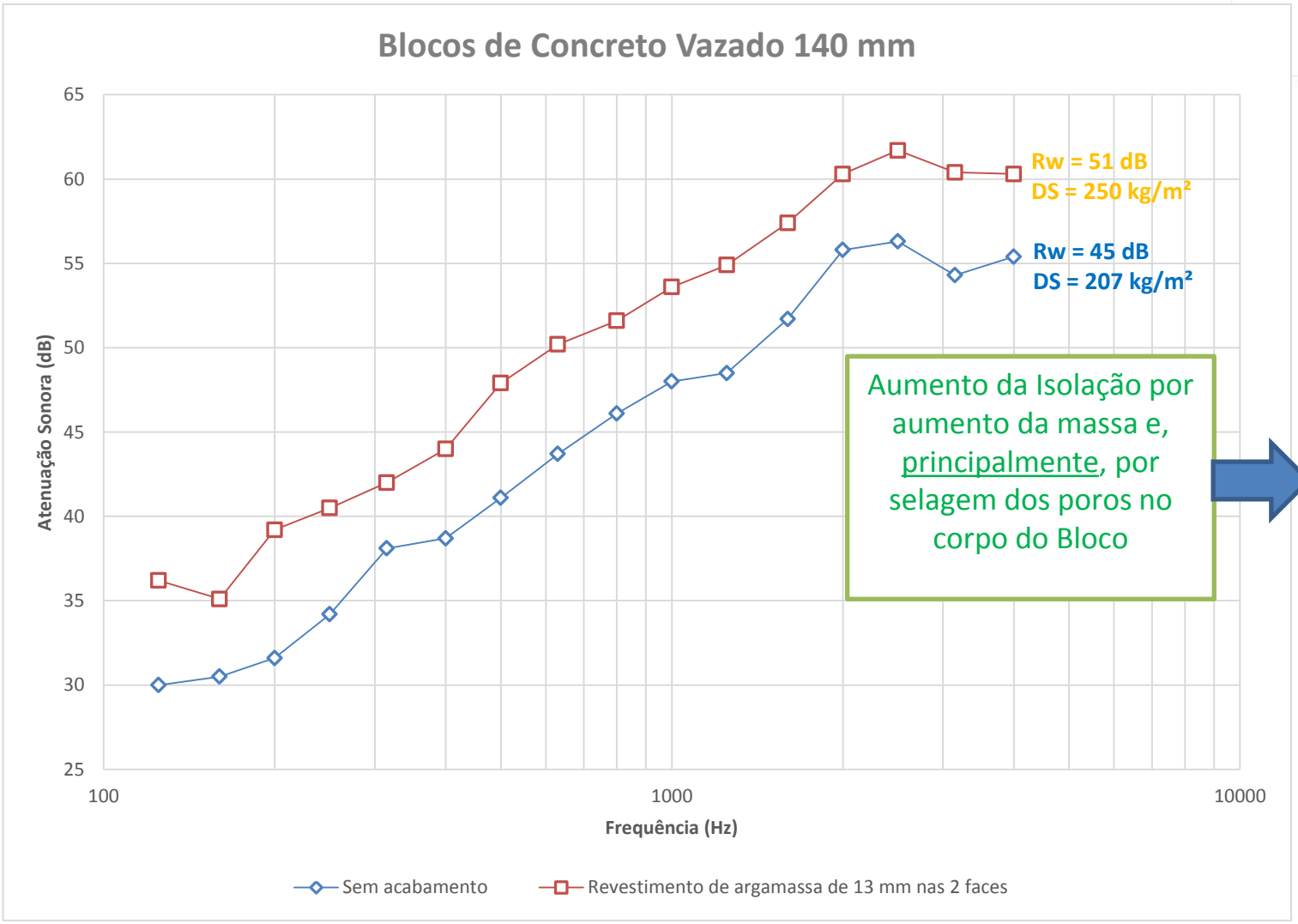
Bloco Poroso
de Concreto
Espessura: 30 cm
Massa do Bloco: 19,5 kg

Paredes
Densidade Superficial:

Sem Rev.: 259 kg/m²
Rev. 1 Face: 273 kg/m²
Rev. 2 Faces: 288 kg/m²

Valores Medidos no Laboratório de Acústica do NRC - Canadá.

Efeito do Revestimento em argamassa em parede de blocos de concreto

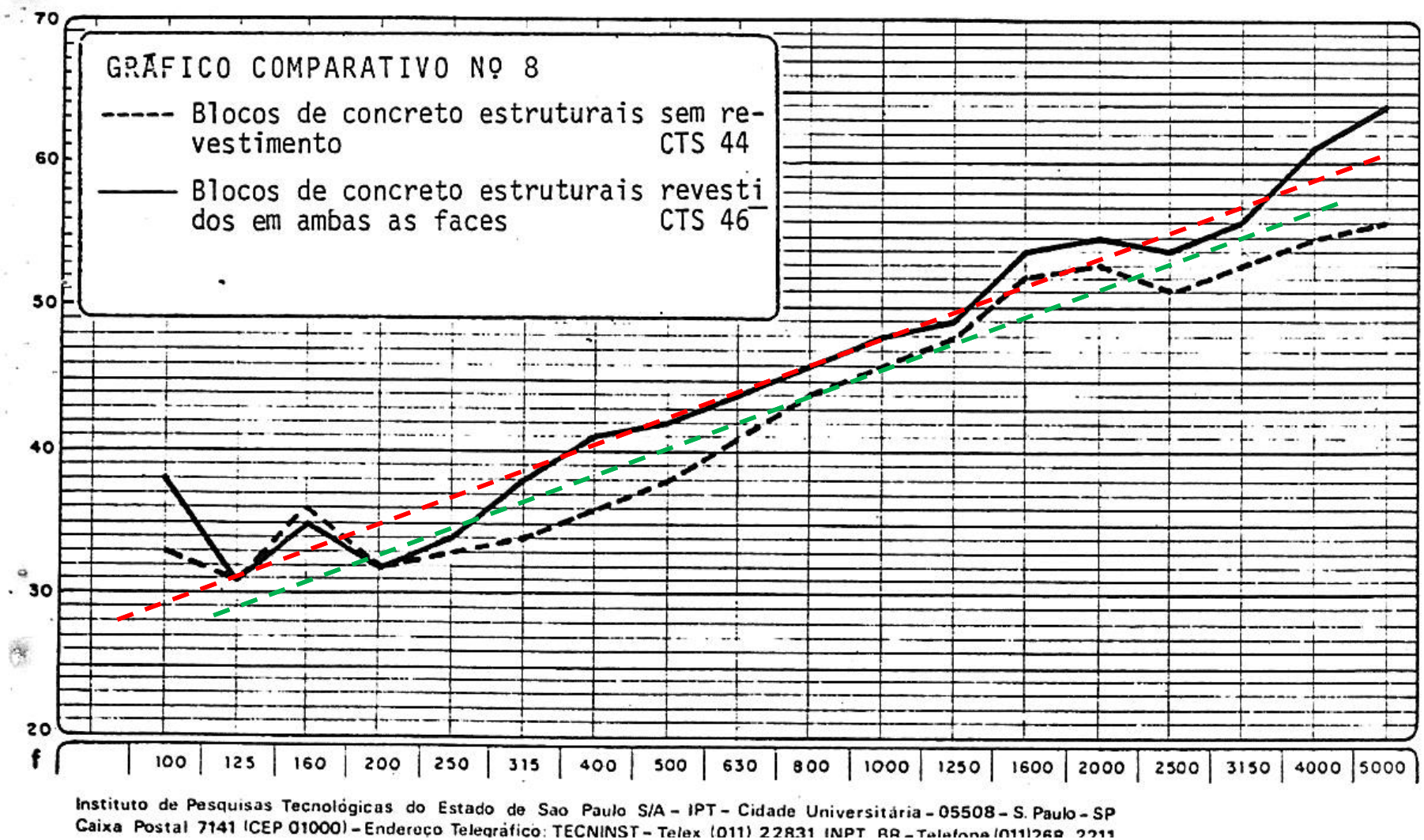


Aumento da Isolação por aumento da massa e, principalmente, por selagem dos poros no corpo do Bloco

A variação na densidade superficial de 20% não é suficiente para aumentar a isolação sonora em 6dB.

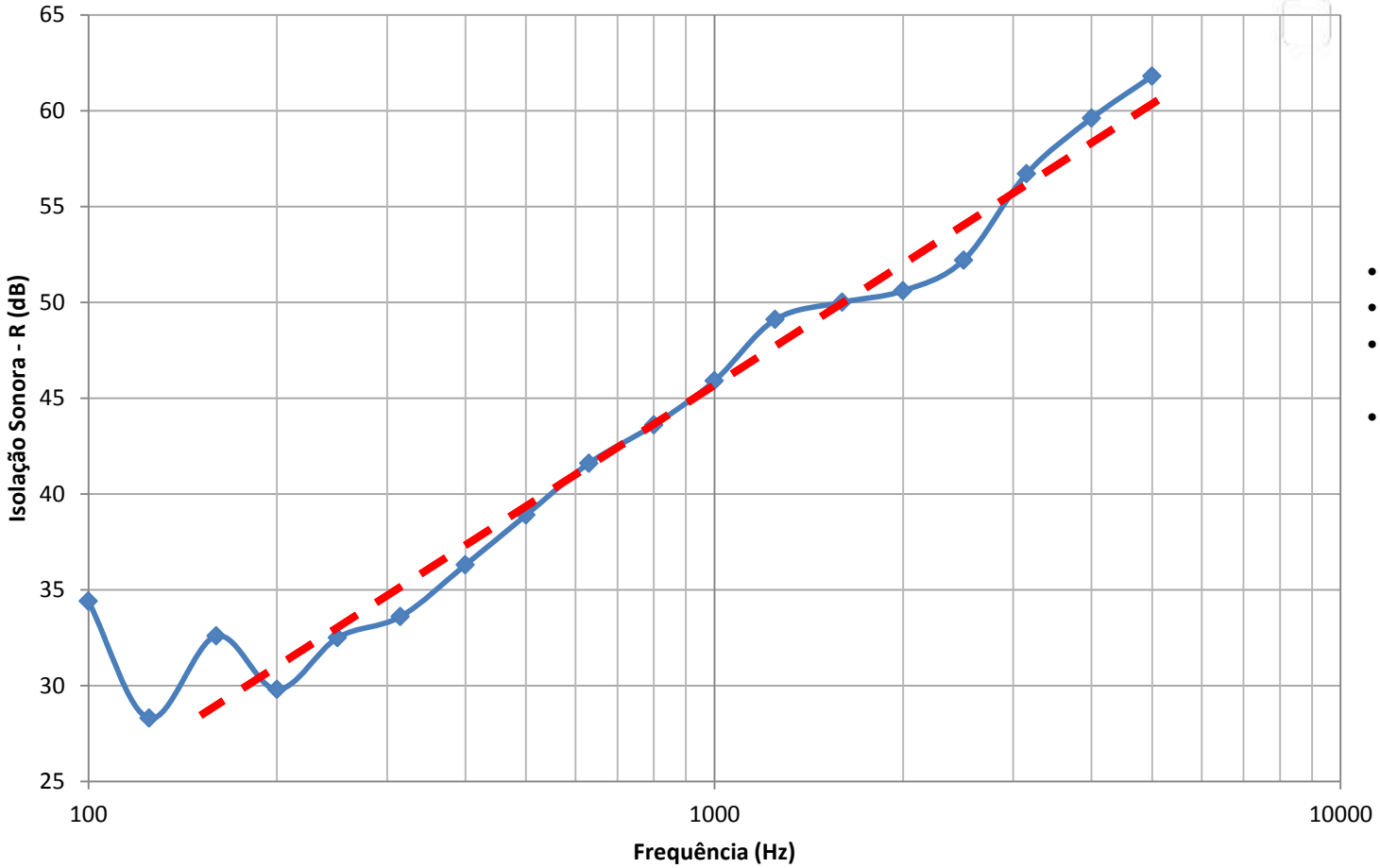
Valores Medidos no Laboratório de Acústica do NRC - Canadá.

Efeito do Revestimento



Resultados de 1985, obtidos no IPT.

Comportamento típico de outra alvenaria

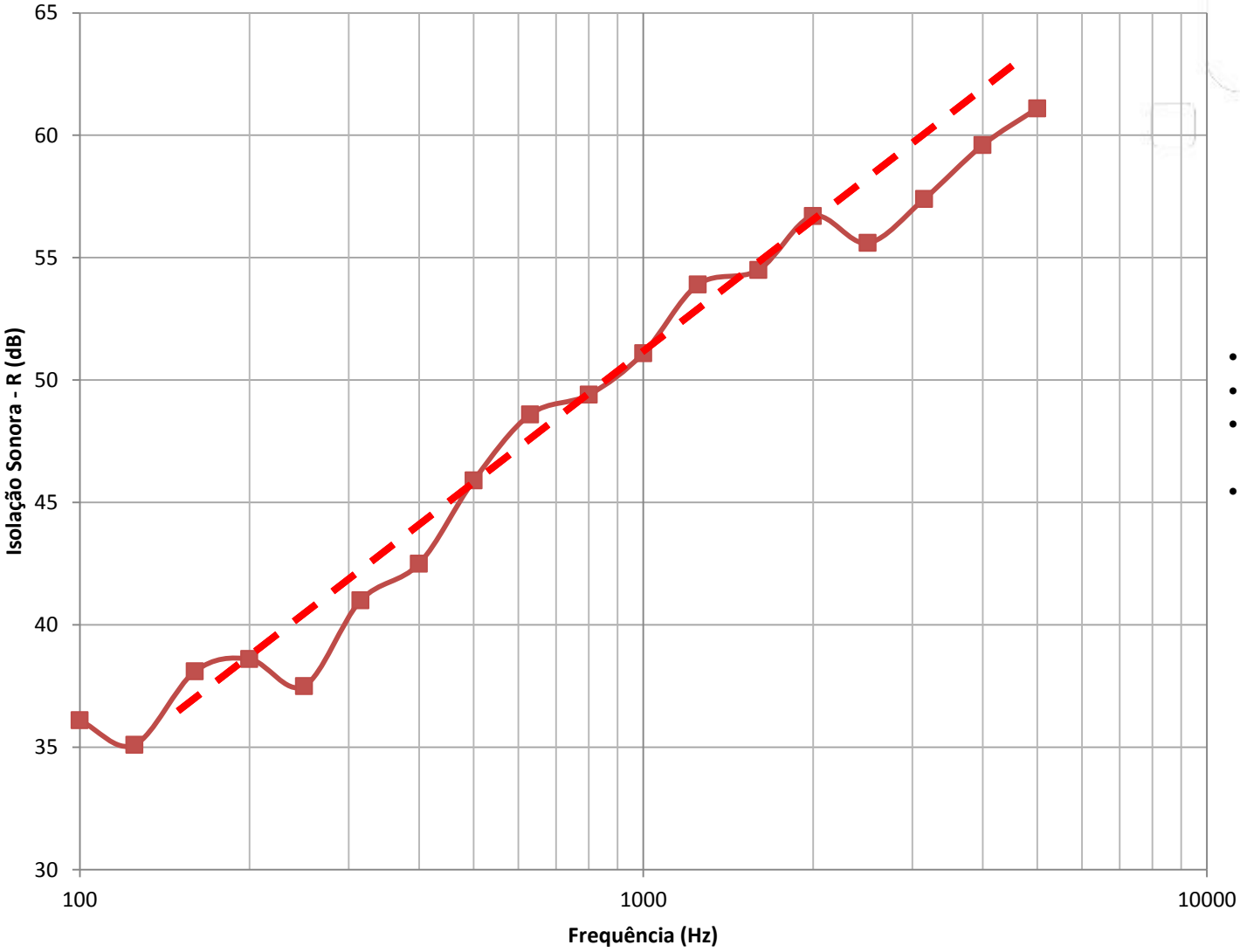




- Bloco: 14 x 19 x 39 cm;
- Massa do bloco de ≈ 9 kg;
- Argamassa 25 mm em ambas as faces.
- **DS= 205 kg/m²**

Rw = 43 dB

Comportamento típico de uma alvenaria

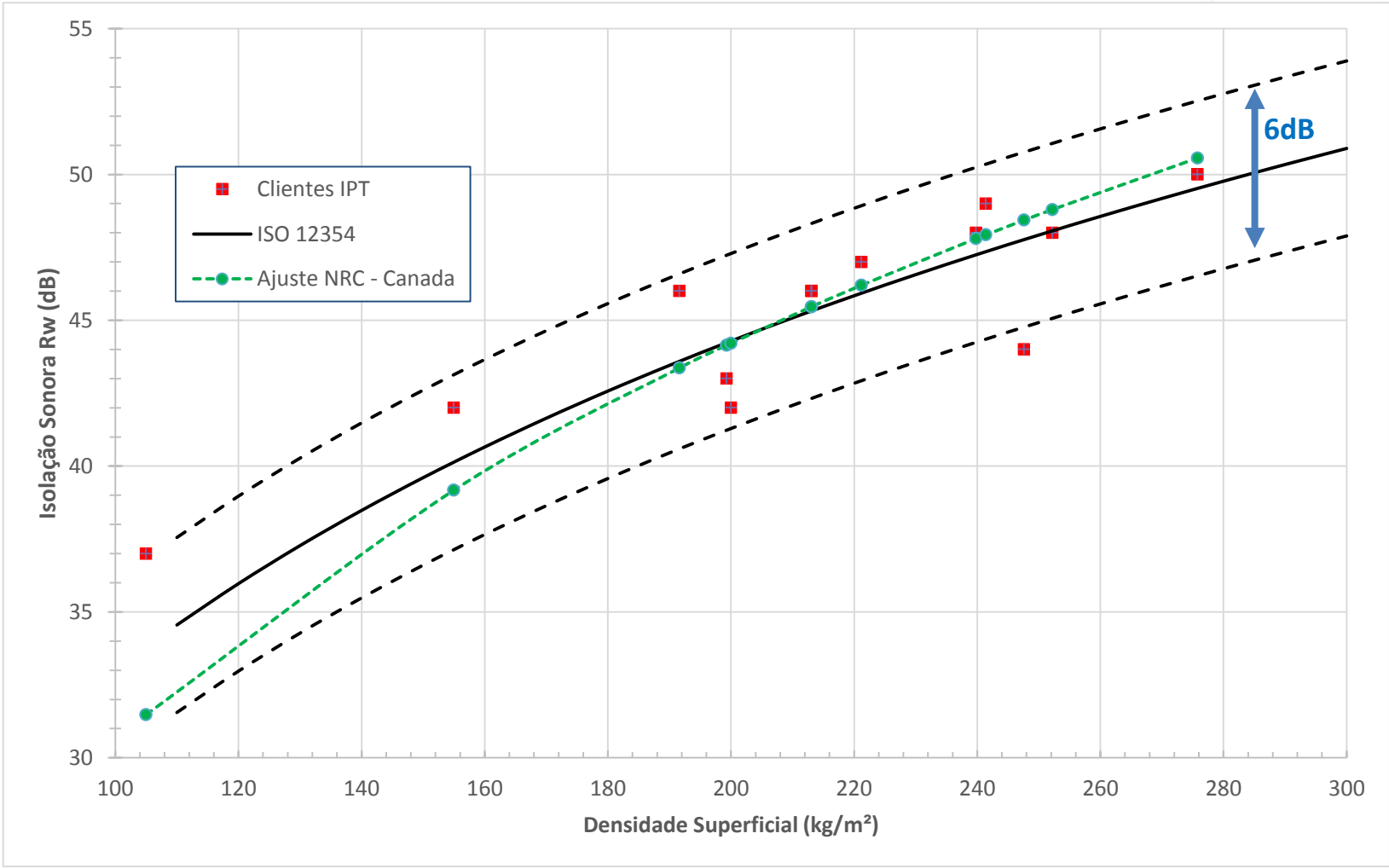




- Bloco: 14 x 19 x 39 cm;
- Massa do bloco de ≈ 13 kg;
- Argamassa 30 mm em ambas as faces.
- **DS= 280 kg/m²**

Rw = 50 dB

Dados Reais Recentes



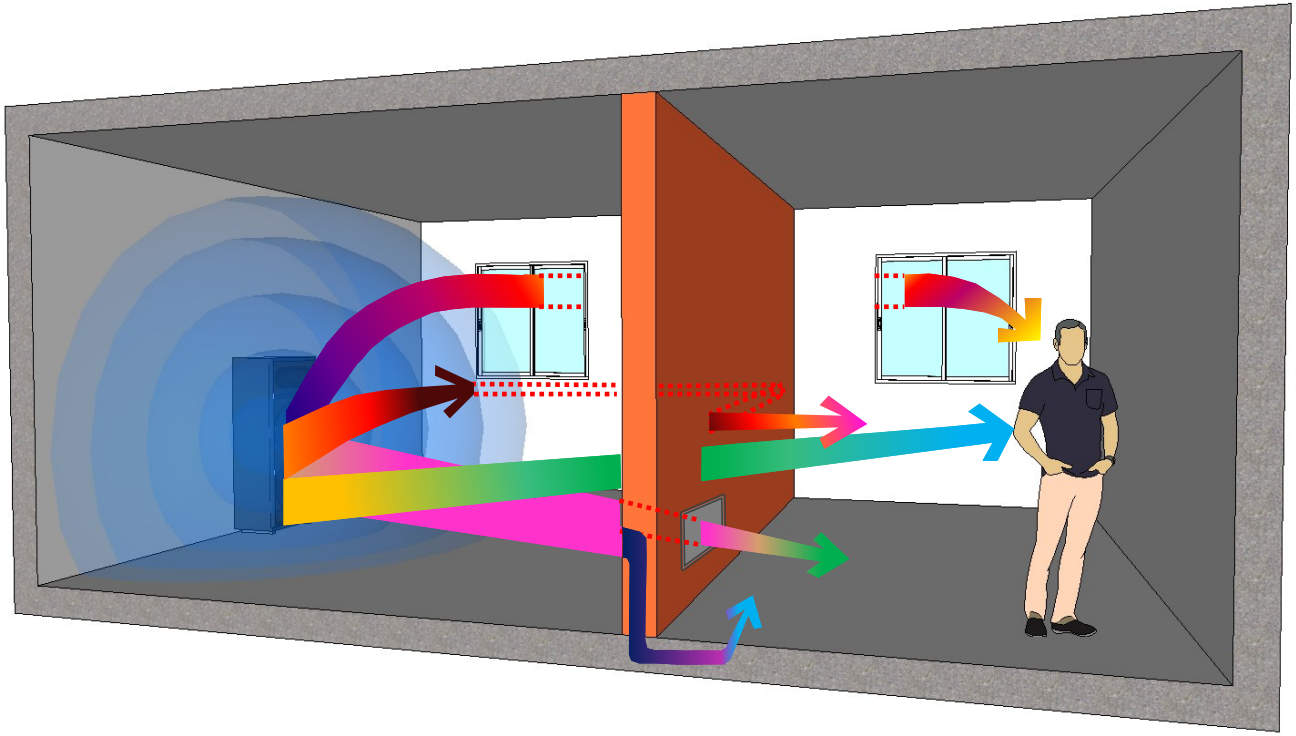


Obs.: Dados nacionais sem computar a massa da argamassa de assentamento.

Isolação sonora em Edificaçõe

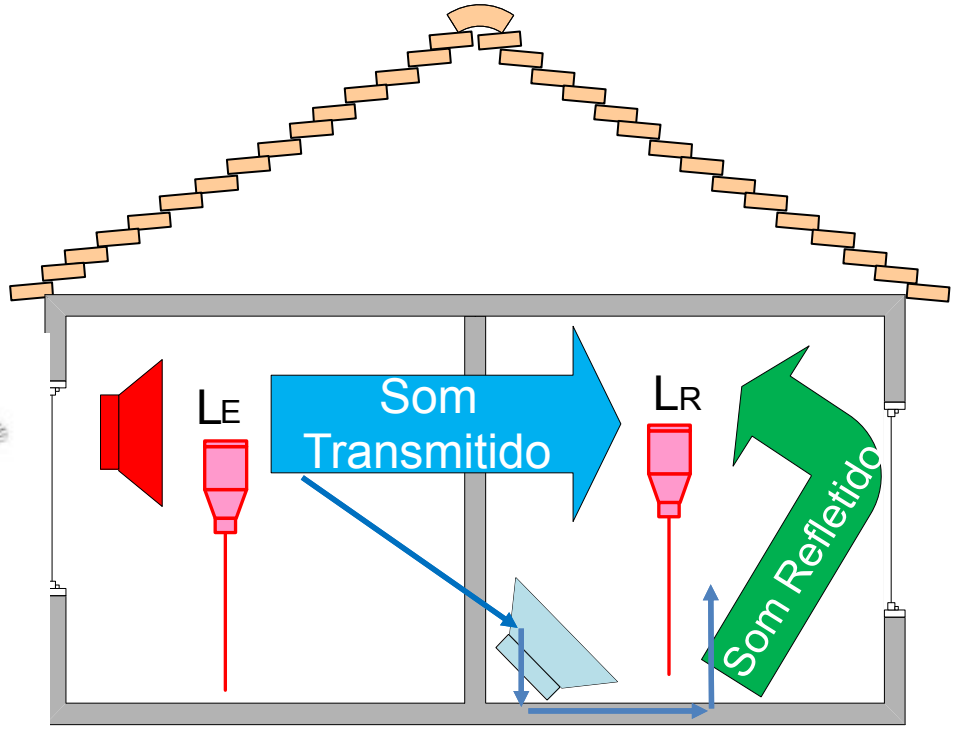
Em uma edificação real

- Transmissão total =
  transmissão pelo elemento de separação +
  transmissão por insertos (caixas de elétrica) +
  transmissão por flancos (estruturais) +
  transmissão por vias externas





Medição da Isolação em Campo



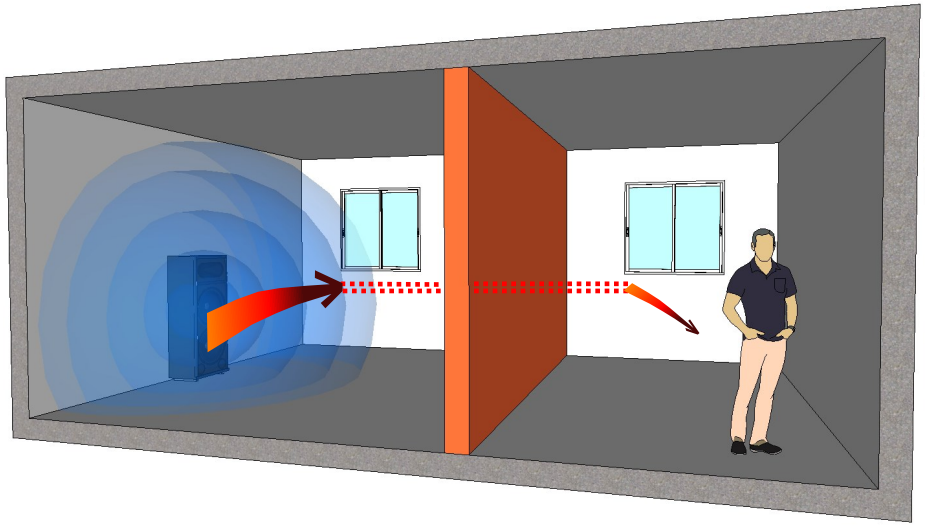


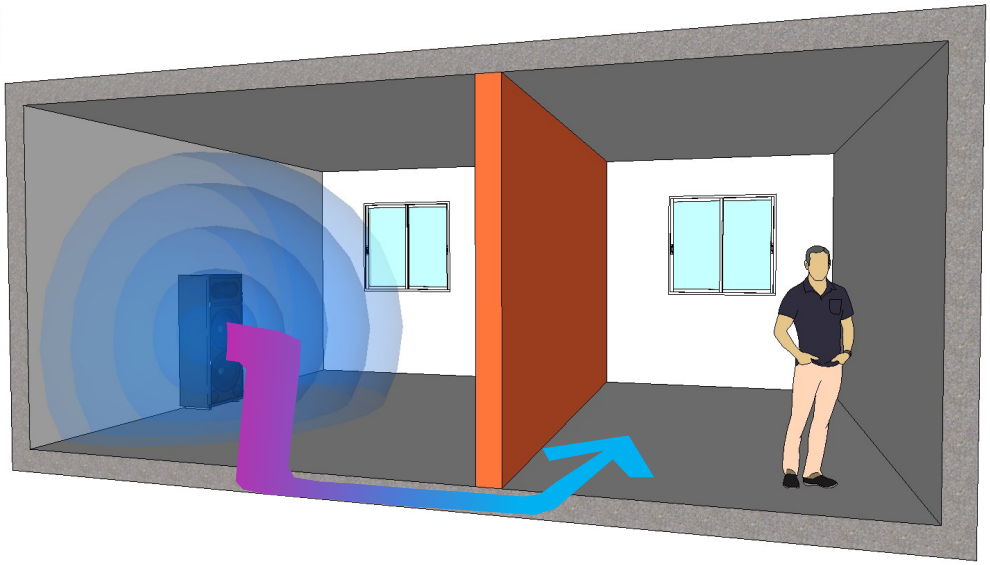
- $D_{nT,w}$ é o resultado das transmissões sonoras por todos os caminhos possíveis.
  → É característico de cada EDIFICAÇÃO.

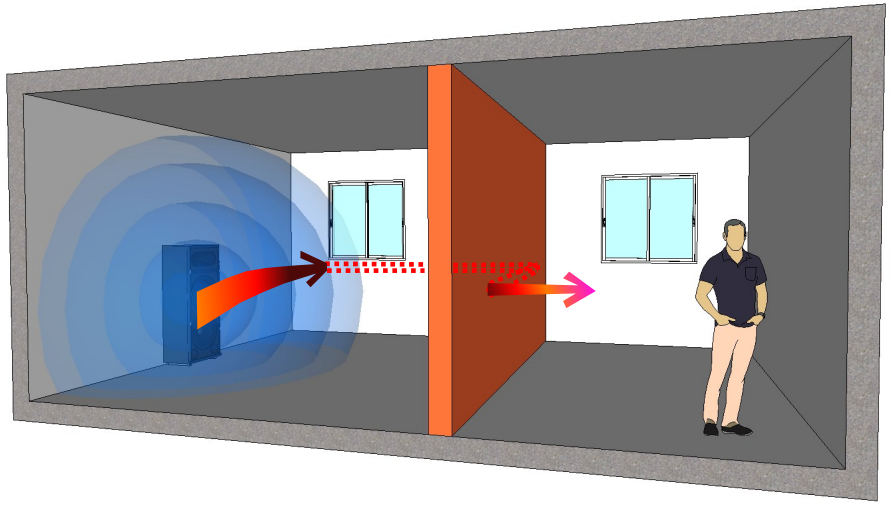
$$D_{nT} = L_E - L_R + 10.\log(T/T_0)$$

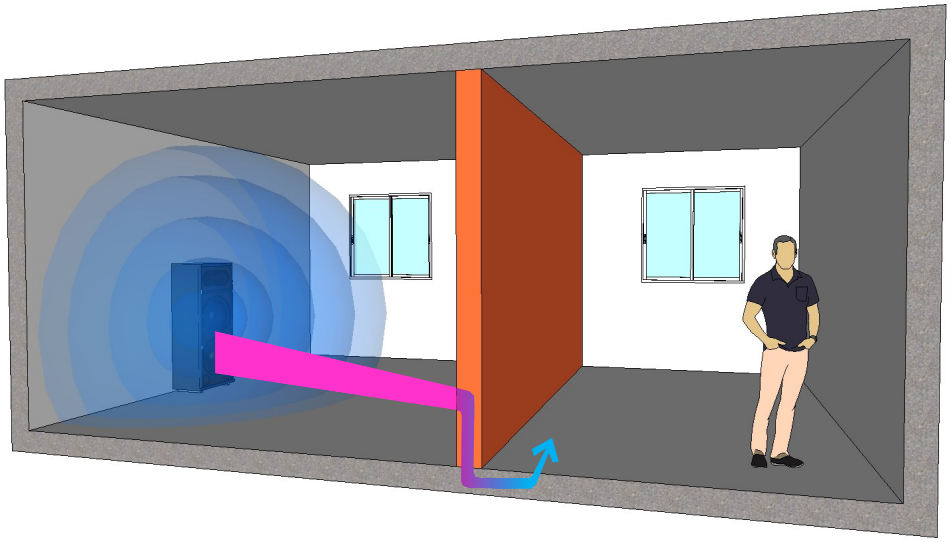
- L_E = Nível sonoro na câmara de emissão
- L_R = Nível sonoro na câmara de recepção
- T = Tempo de reverberação do Ambiente;
- T_0 = Tempo padrão = 0,5 s

Transmissão pela estrutura - Flancos





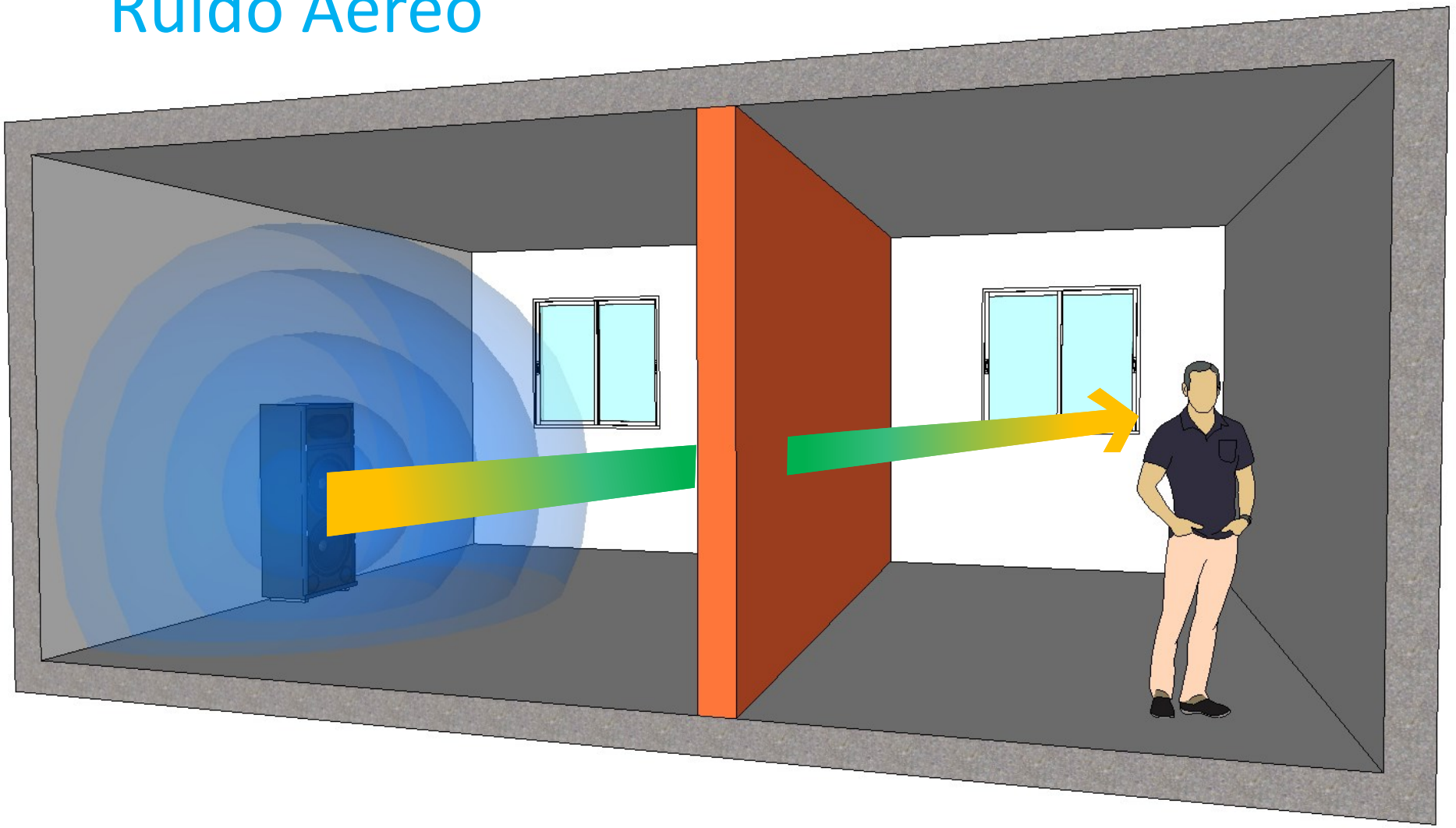




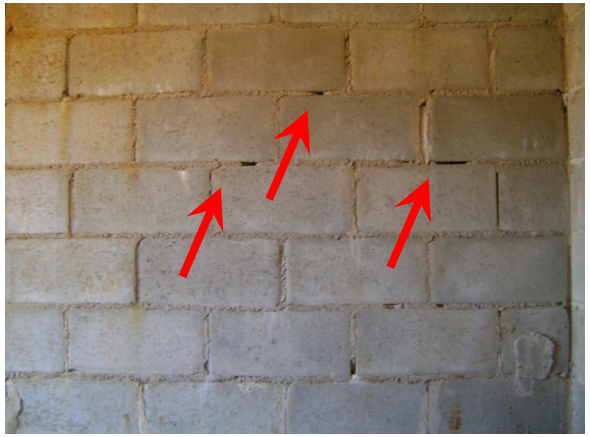
Elemento de Vedação
e
Falhas de Execução

Caminhos do Som em uma Edificação Real

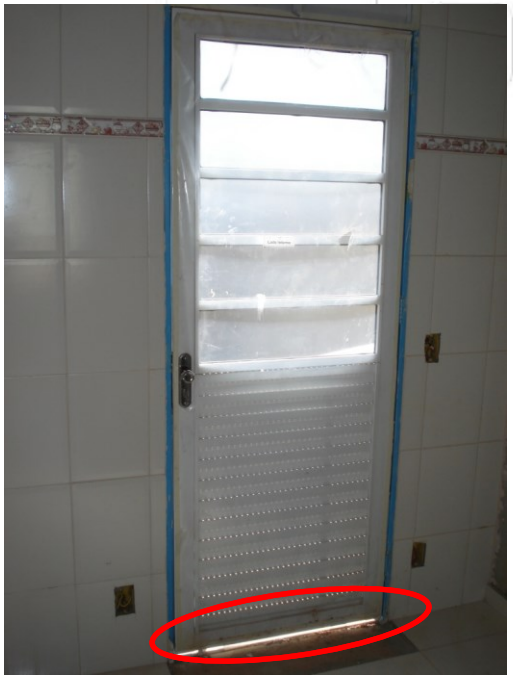
Ruído Aéreo



Descuido na execução











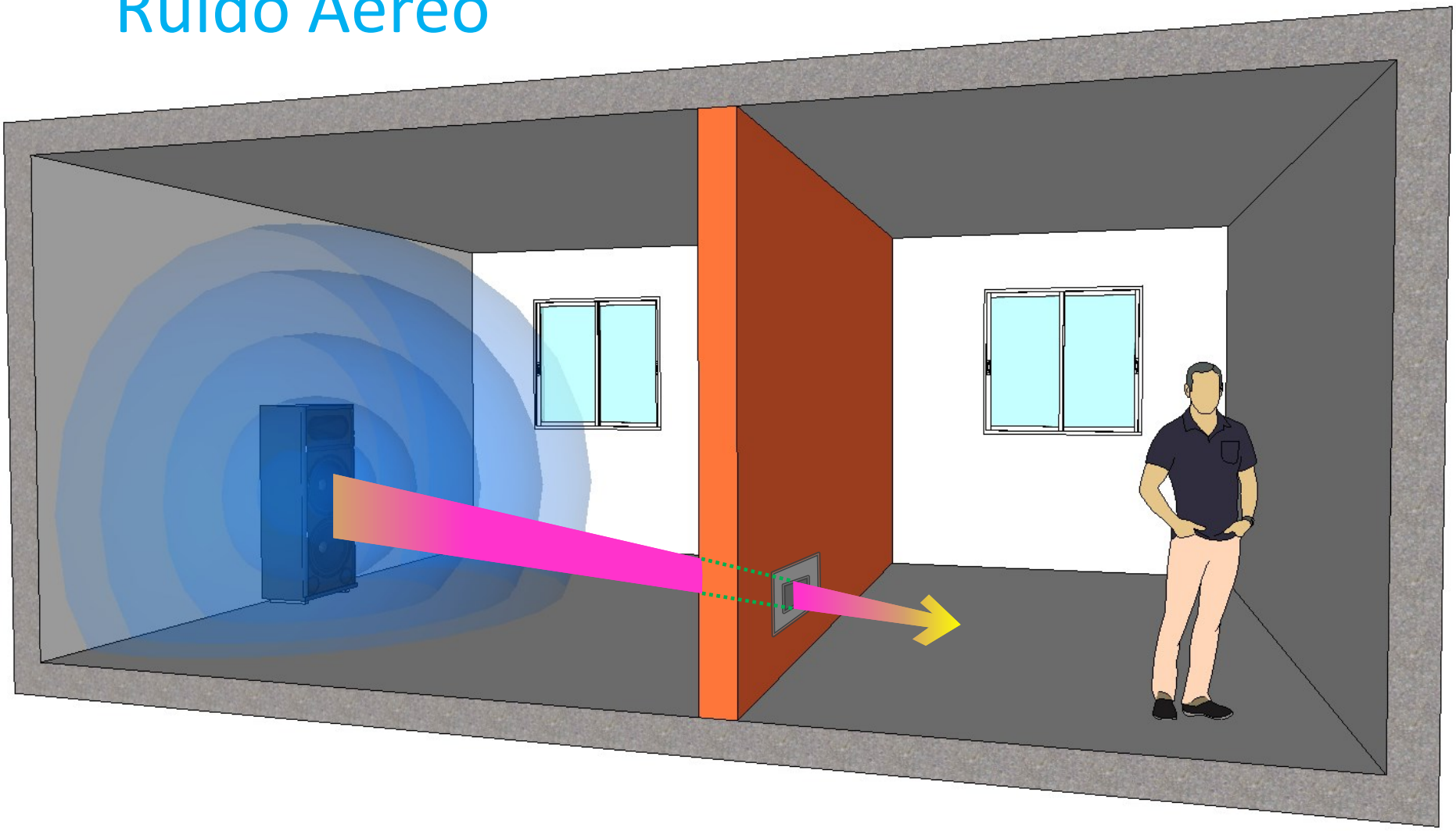


Insertos na parede

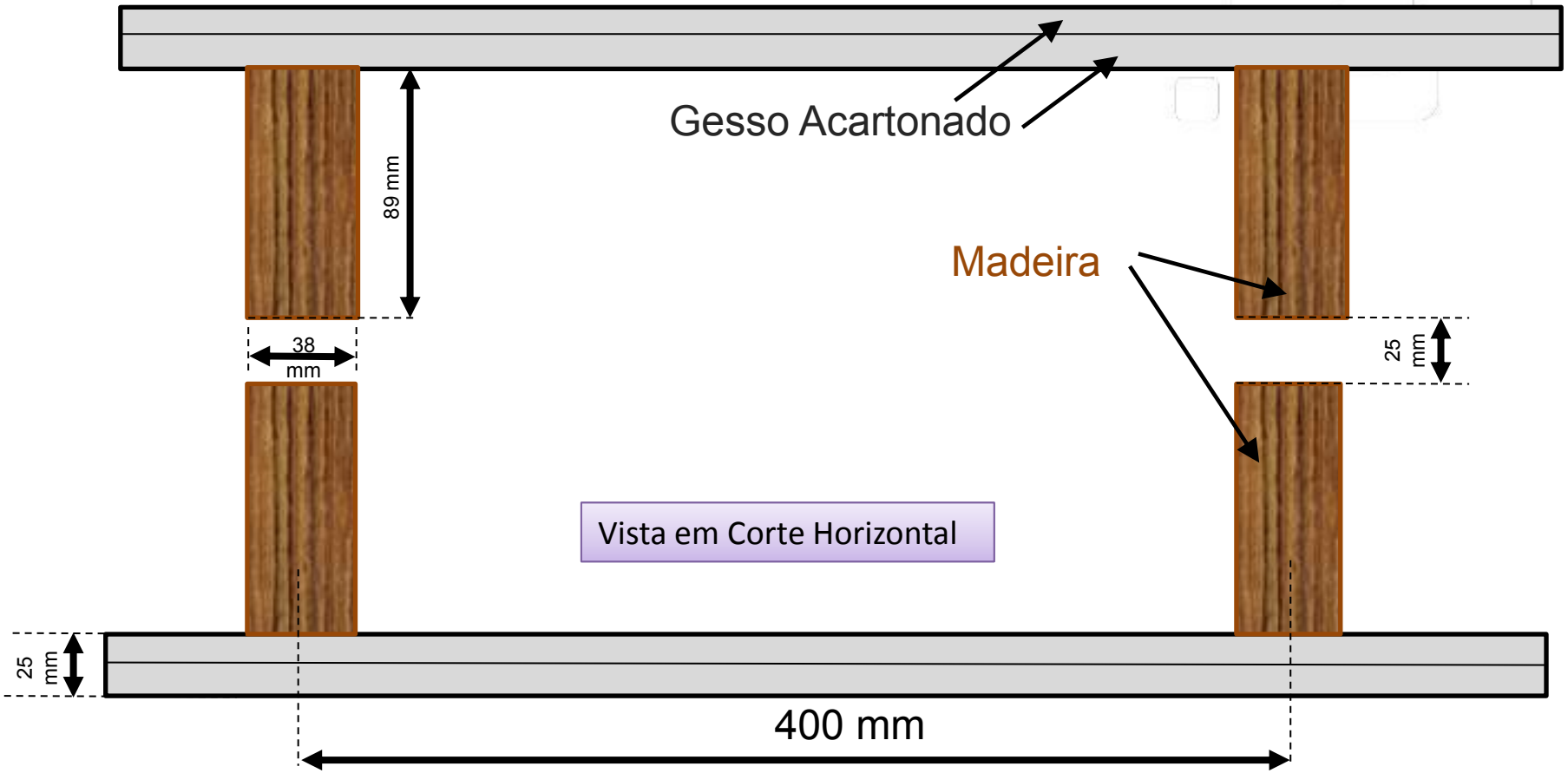
Agosto/18

Caminhos do Som em uma Edificação Real

Ruído Aéreo



Resultados do NRC-Canada sobre o uso de caixas de elétrica metálicas em DryWall



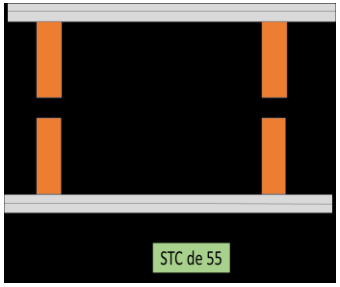
Largura: 3,05 m e
Altura: 2,44 m

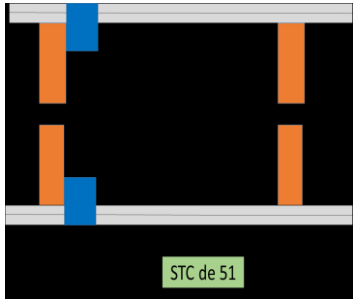
STC de 55 dB

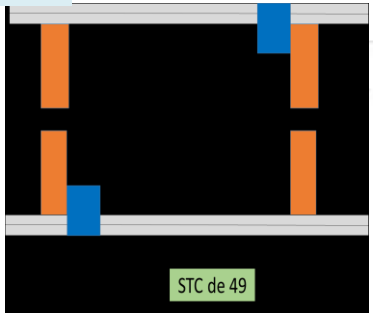
Efeito de Caixas de Elétrica Metálicas

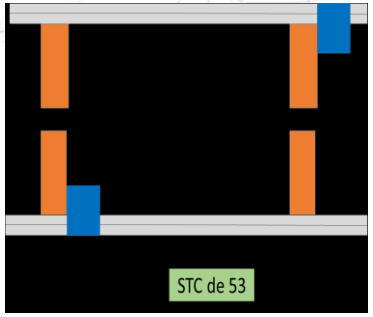


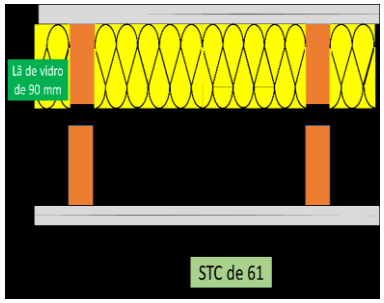
Resultados do NRC sobre o uso de caixas de elétrica metálicas em DryWall

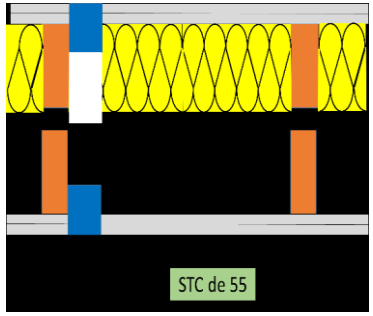


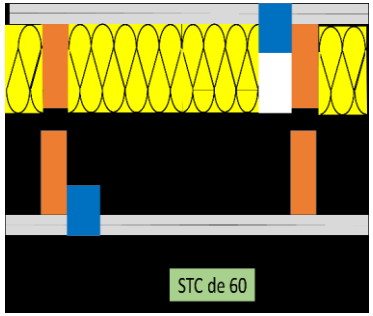


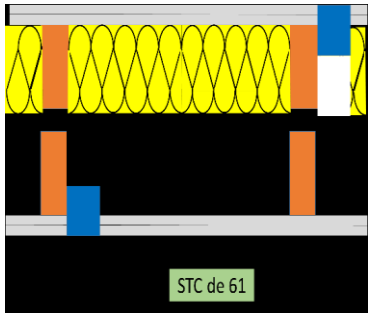


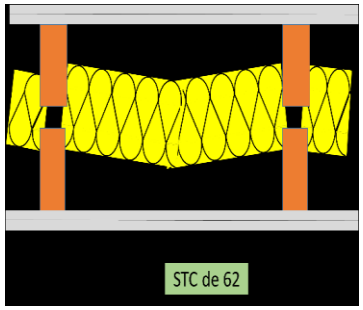


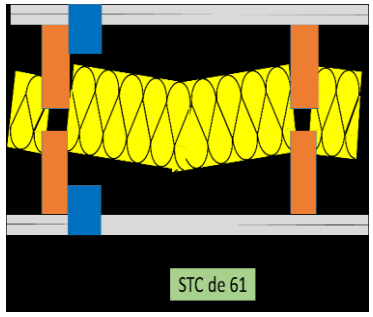


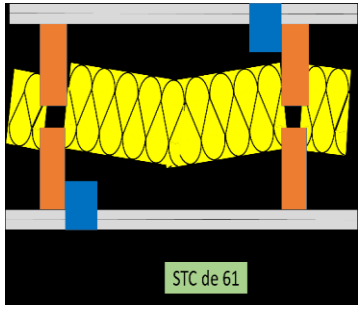


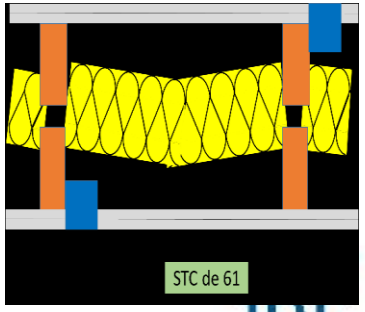




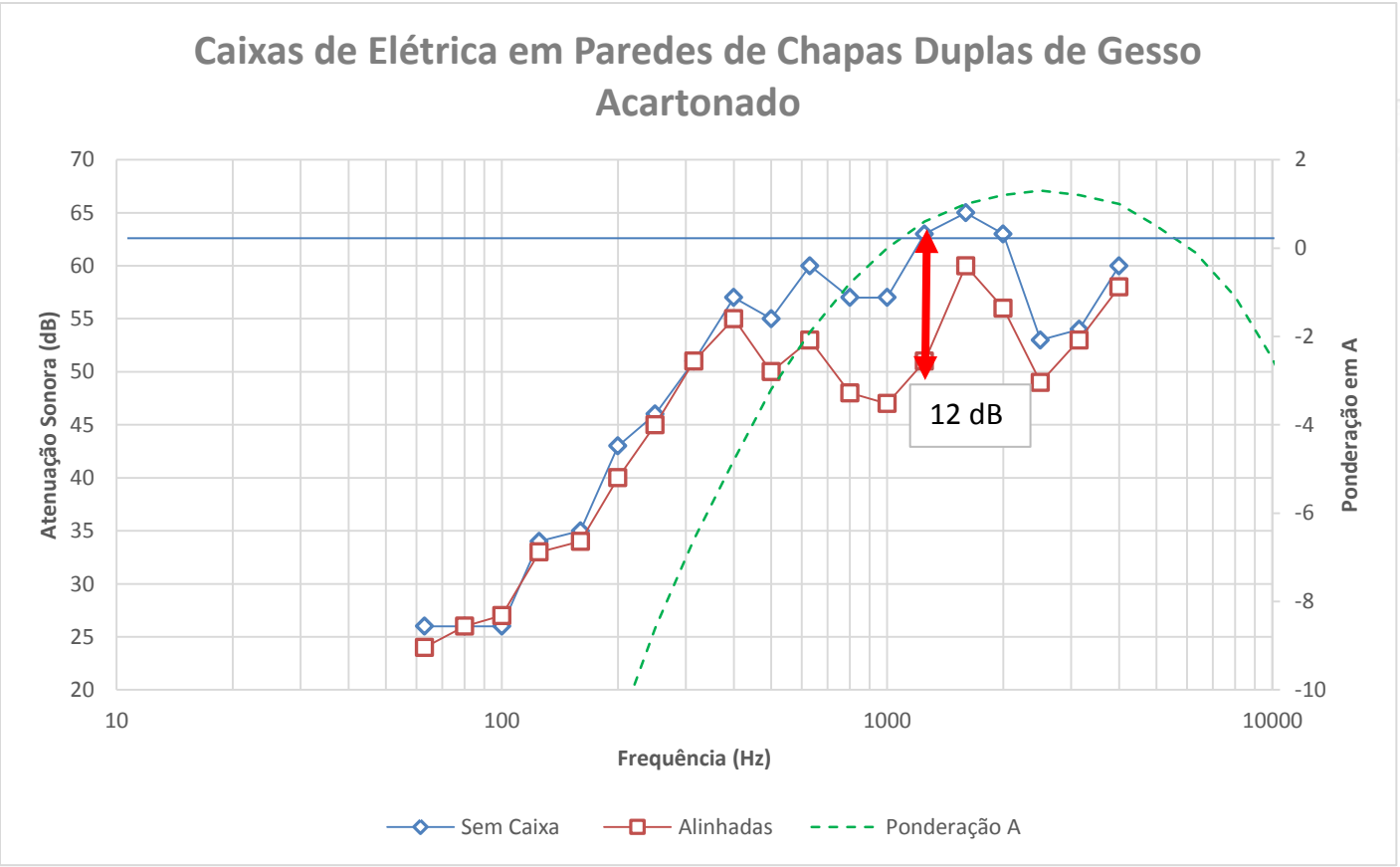




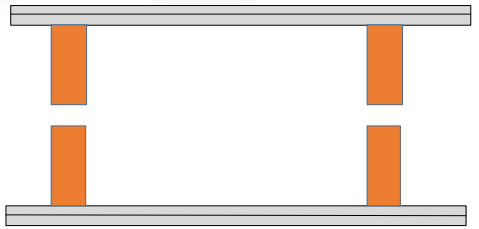




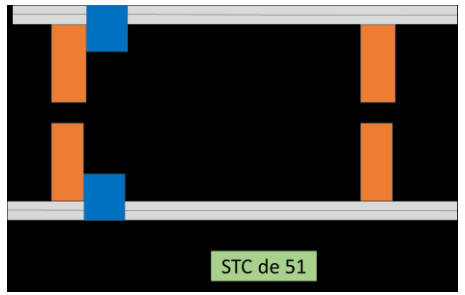
Efeito da Caixa de Elétrica no DryWall







STC de 55

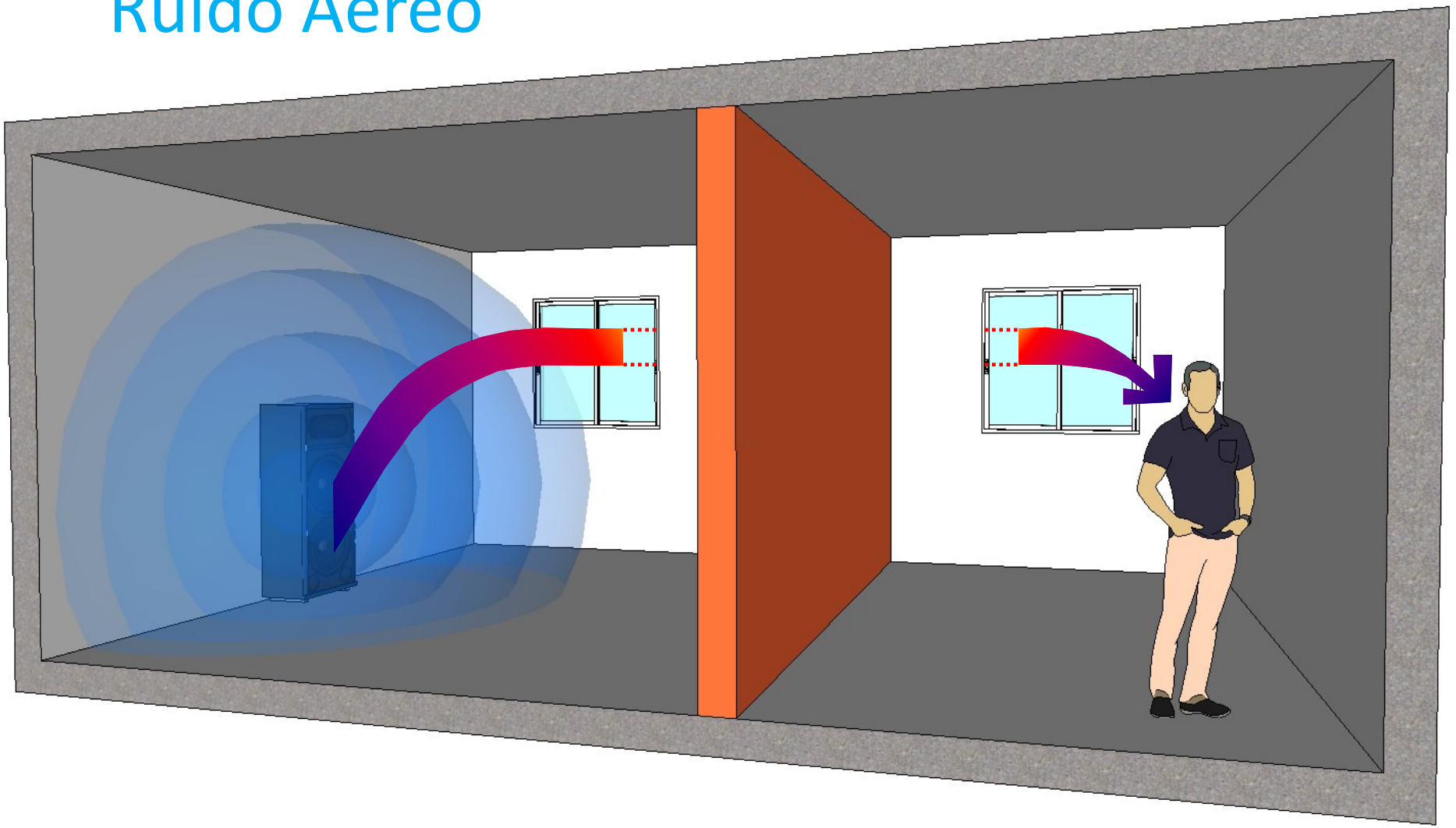


Valores Medidos no Laboratório de Acústica do NRC - Canadá.

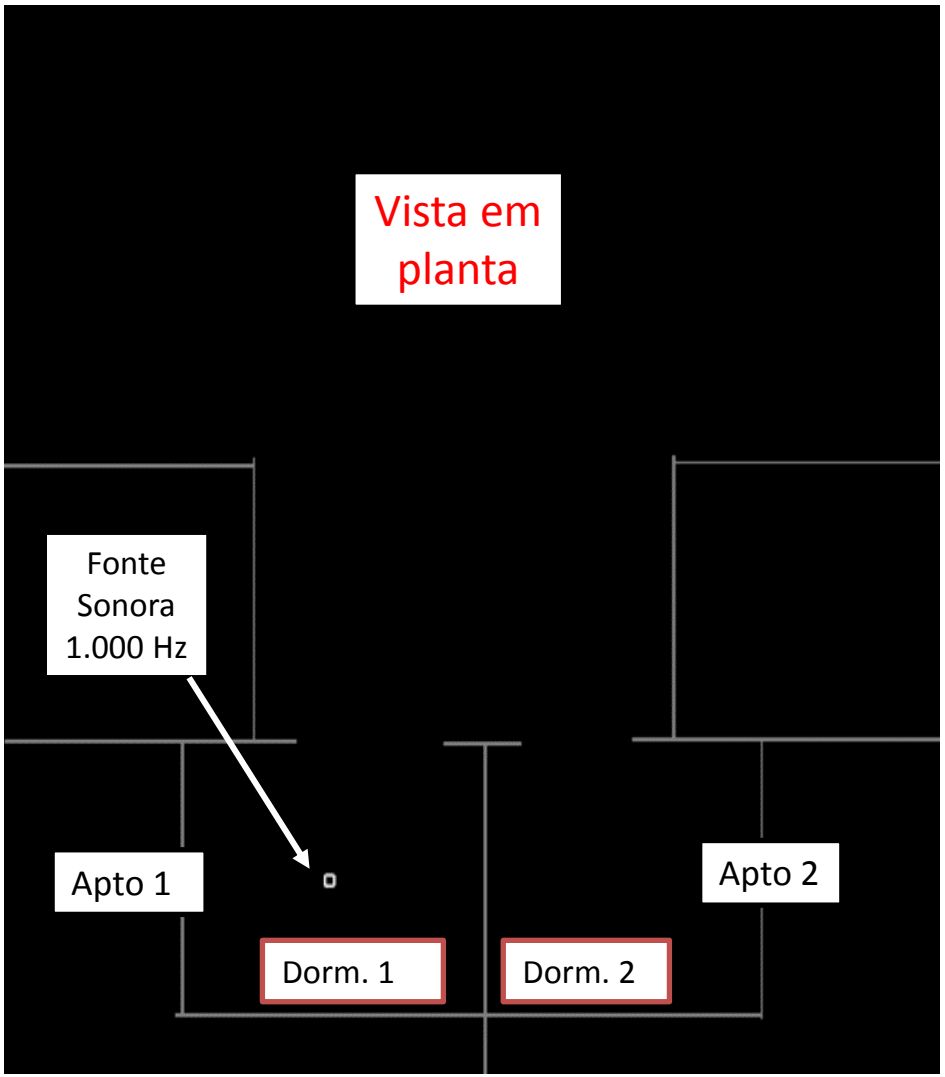
Arquitetura: Reflexão e Difração do som

Caminhos do Som em uma Edificação Real

Ruído Aéreo



Exemplo de Difração e Reflexão Sonoras devido à arquitetura.

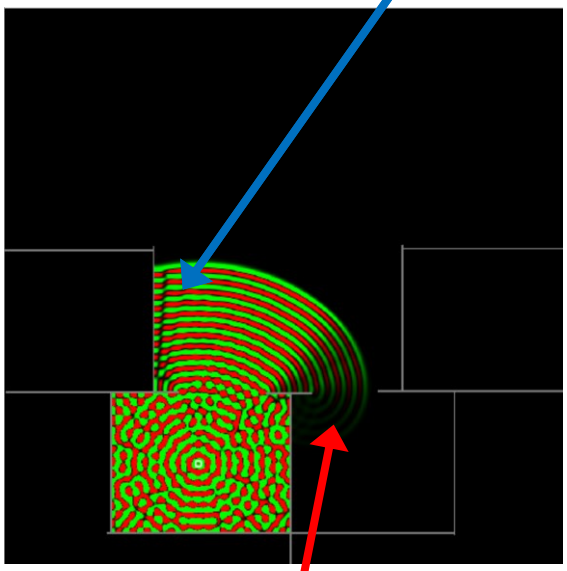


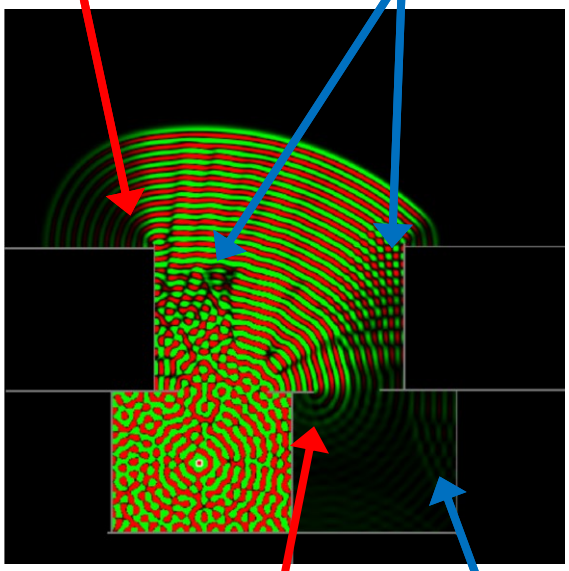
Caso de estudo: 2 dormitórios de apartamentos distintos.

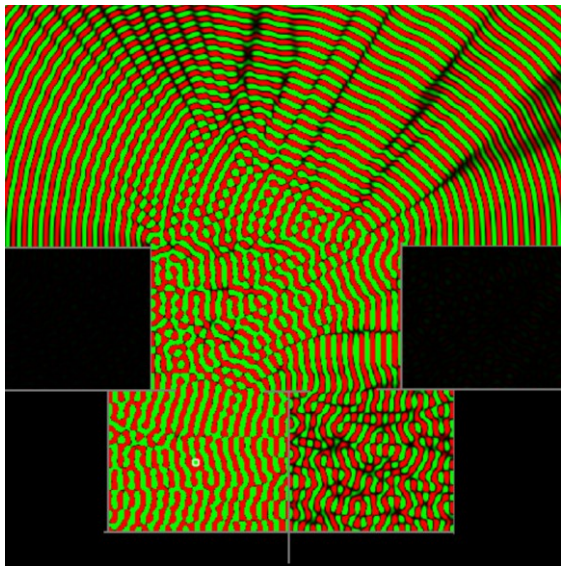
Apresentação de valores Simulados.



Evolução da Propagação Sonora



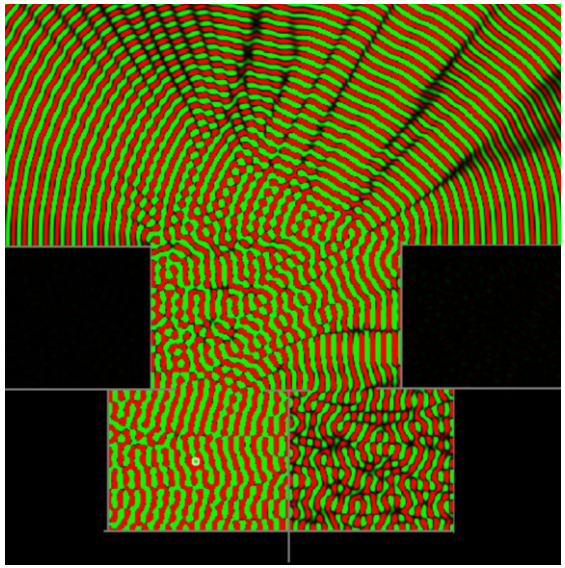




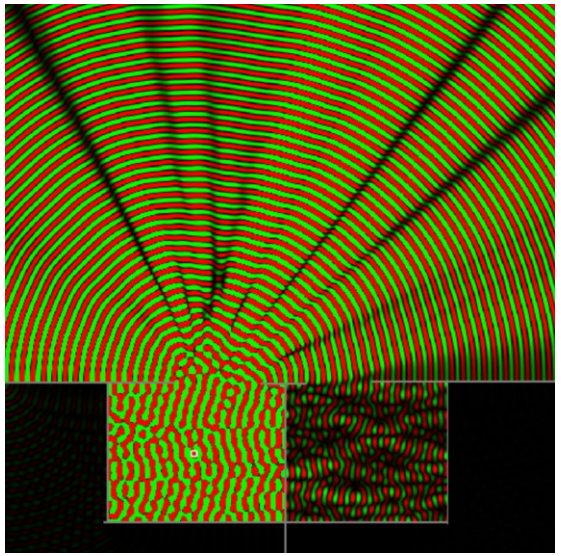
Situação Final

Com fachada mais simples não há reflexões sonoras

Menos energia sonora chega ao recinto de recepção.







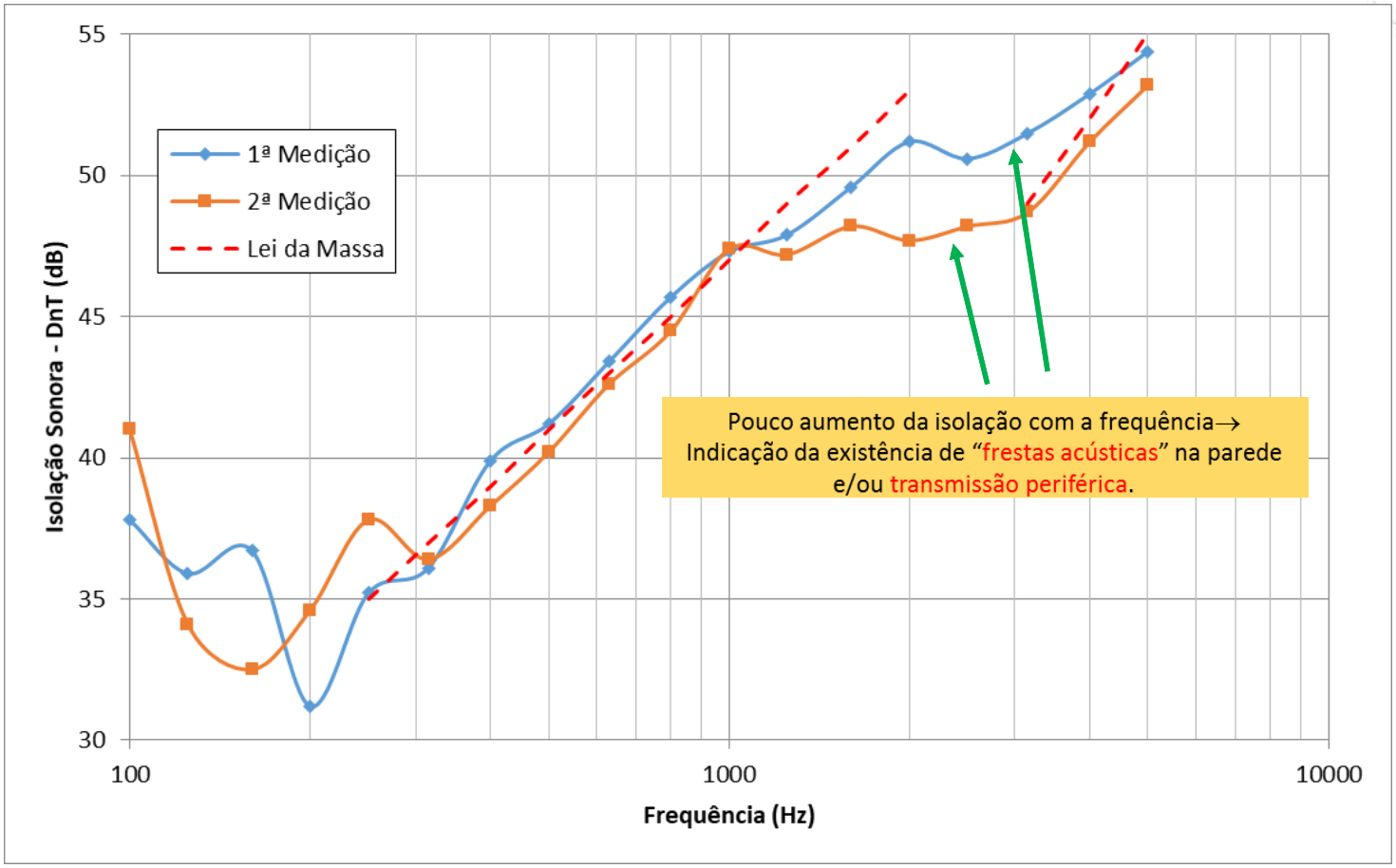
Situação Final

Slide Anterior

Olhando em Profundidade
Holografias

Efeitos de Execução:

2 Aptos sobrepostos, mesmos equipe, componentes, procedimentos...



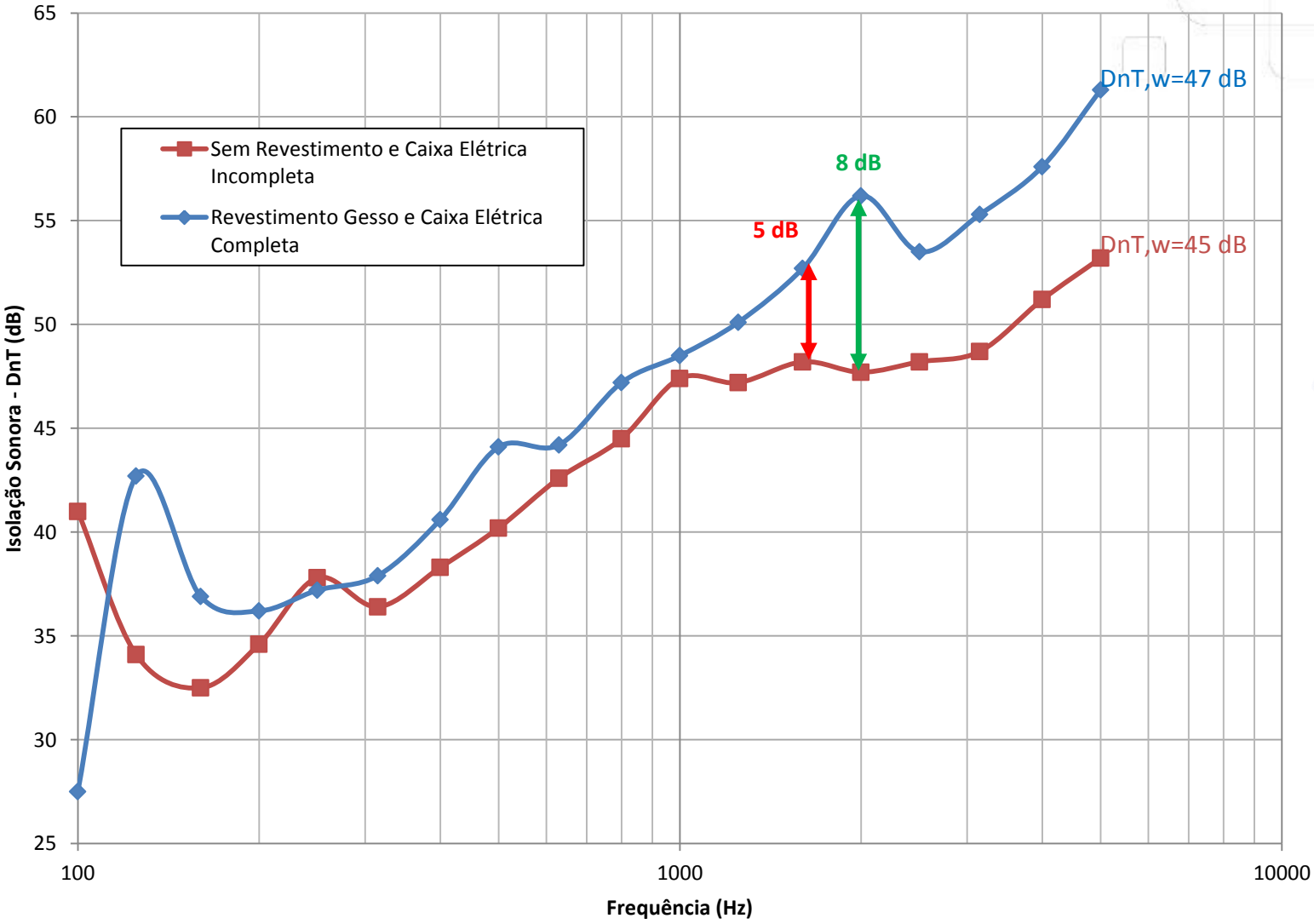
- Bloco de concreto de 14 cm;
- Sem Revest.
- m_{bl}=14 kg;
- f_{bk} =26 MPa
- Sem tratar caixas de elétrica
- $D_{nT,w}$ = 45 dB



- Medições feitas no mesmo dia, pela mesma equipe, com os mesmos equipamentos (calibrados).

Efeitos de Execução:

Revestindo a parede anterior com gesso e montando as tomadas e interruptores



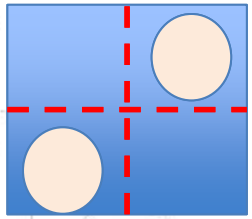


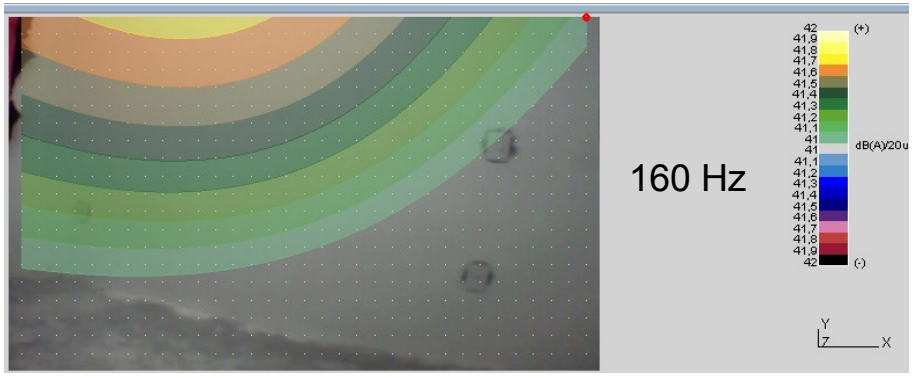
Holografia Acústica em Campo

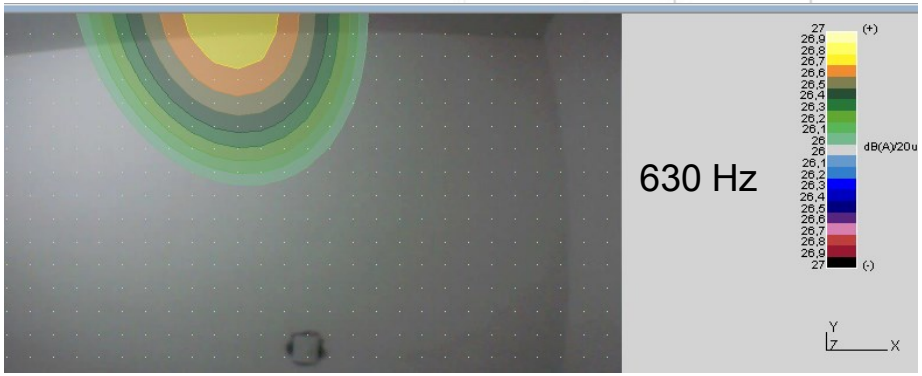


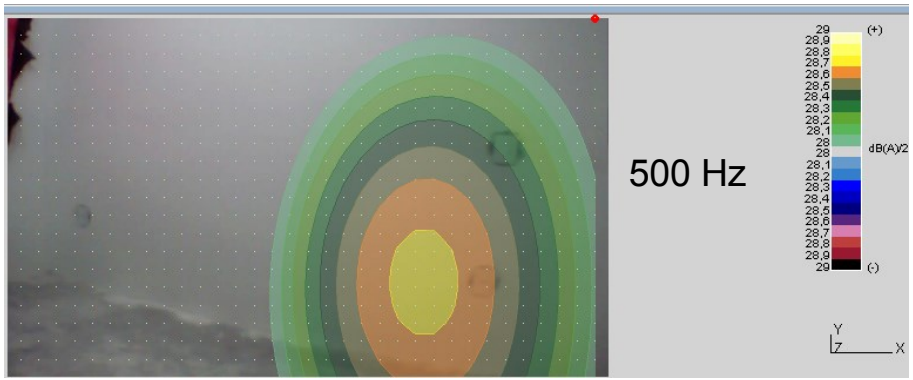


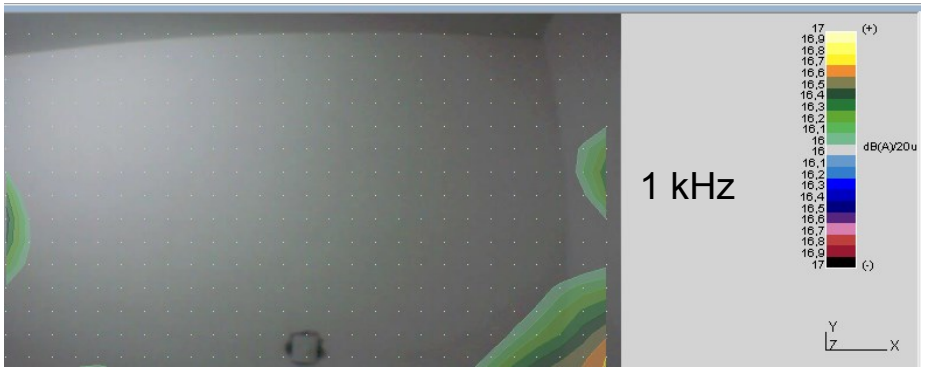
Elemento bastante homogêneo com pequenas “frestas acústicas” – 1 dB

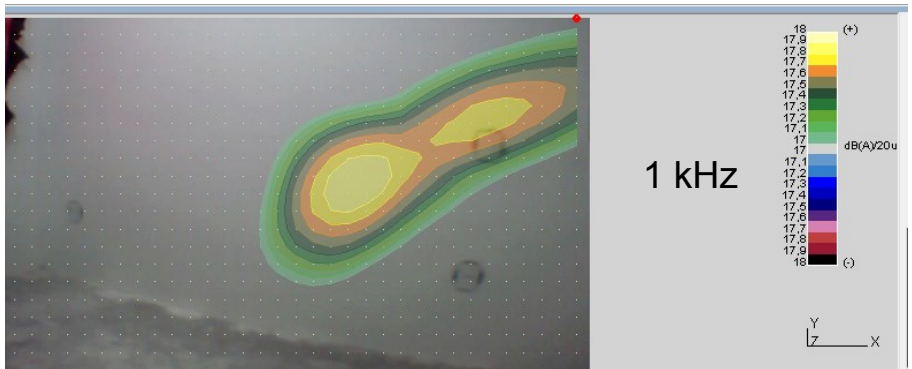


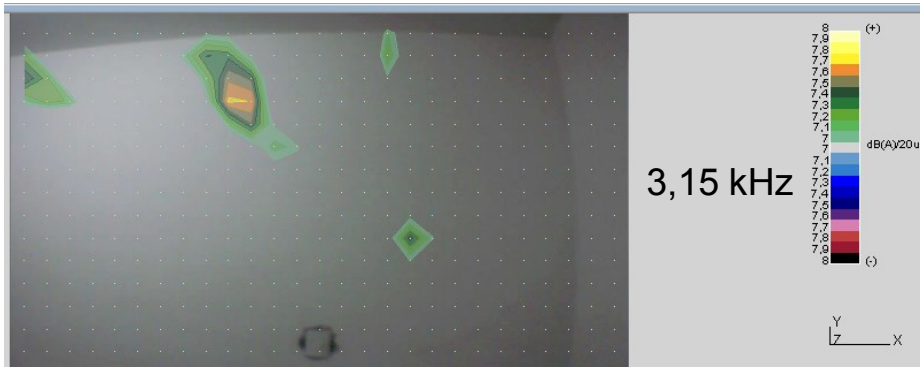








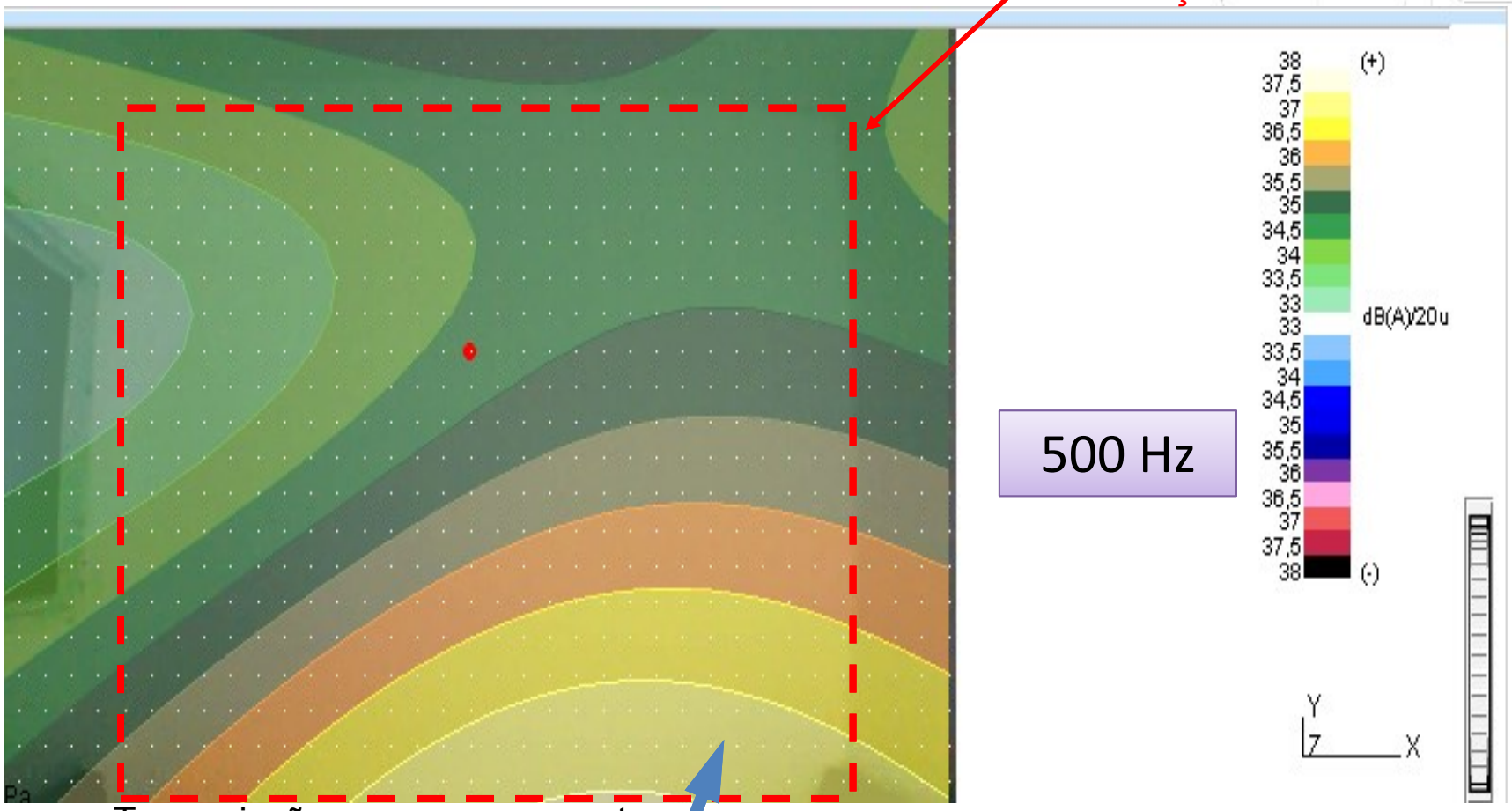




Elemento de vedação com Rw de 49 dB

Outro Caso

Parede de Geminação



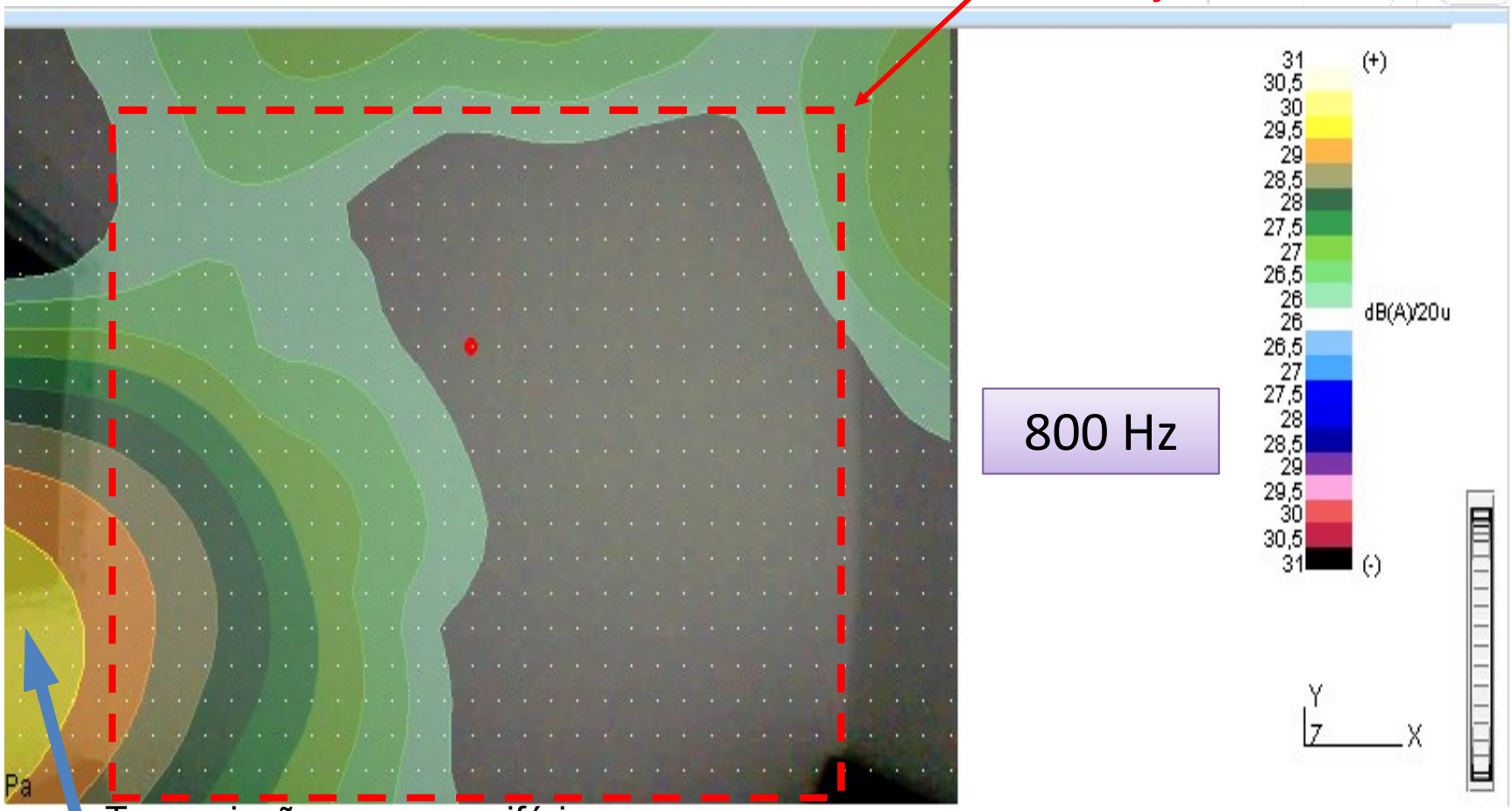
500 Hz

Transmissão sonora no encontro entre parede e piso.

Transmissões de 4 dB a 5 dB

Elemento de vedação com Rw de 49 dB

Outro Caso



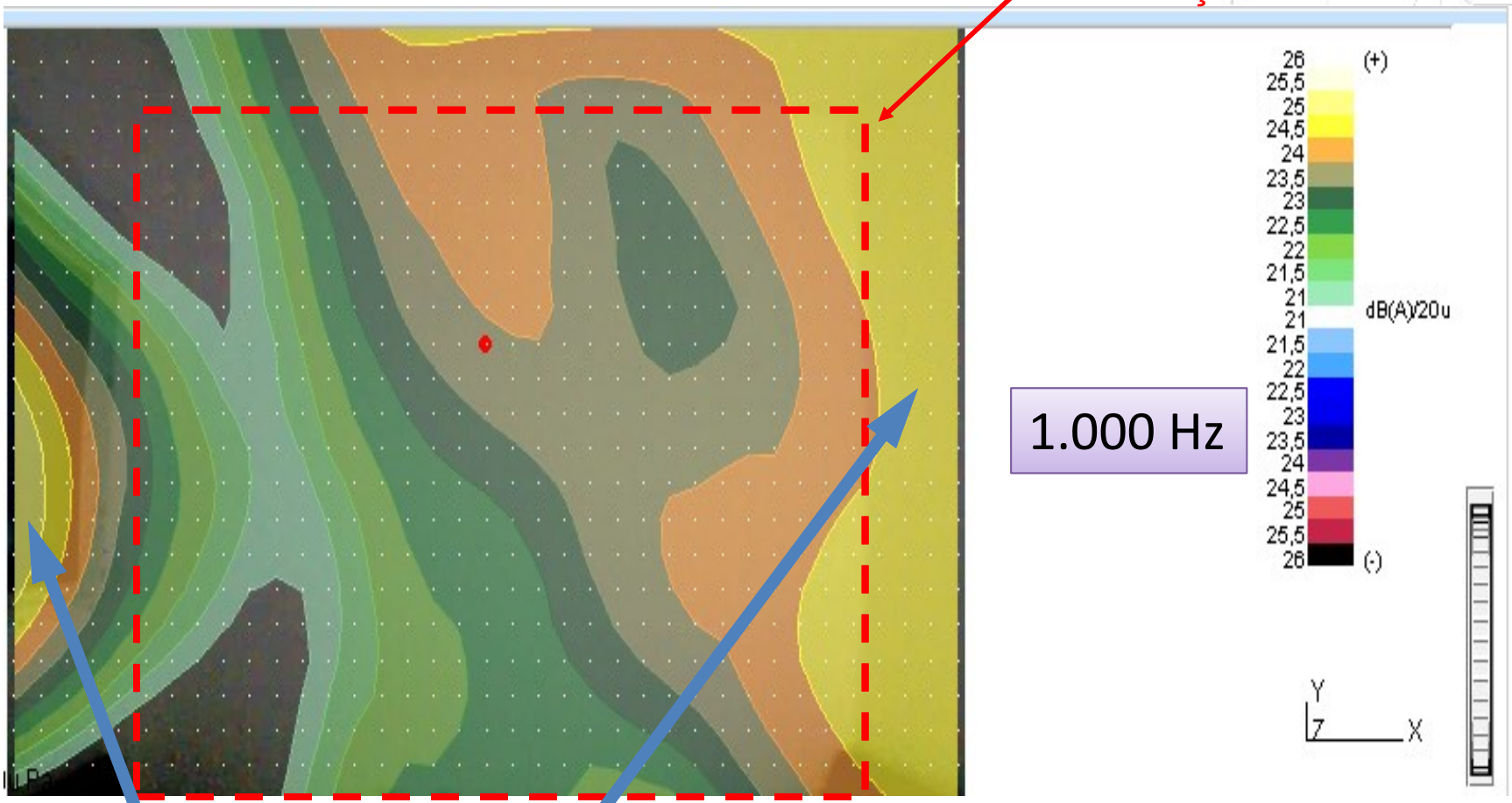
Transmissão sonora periférica.

- Fachada com janela
- Passagem SOB a janela

→ Transmissões de mais de 5 dB

Elemento de vedação com Rw de 49 dB

Outro Caso



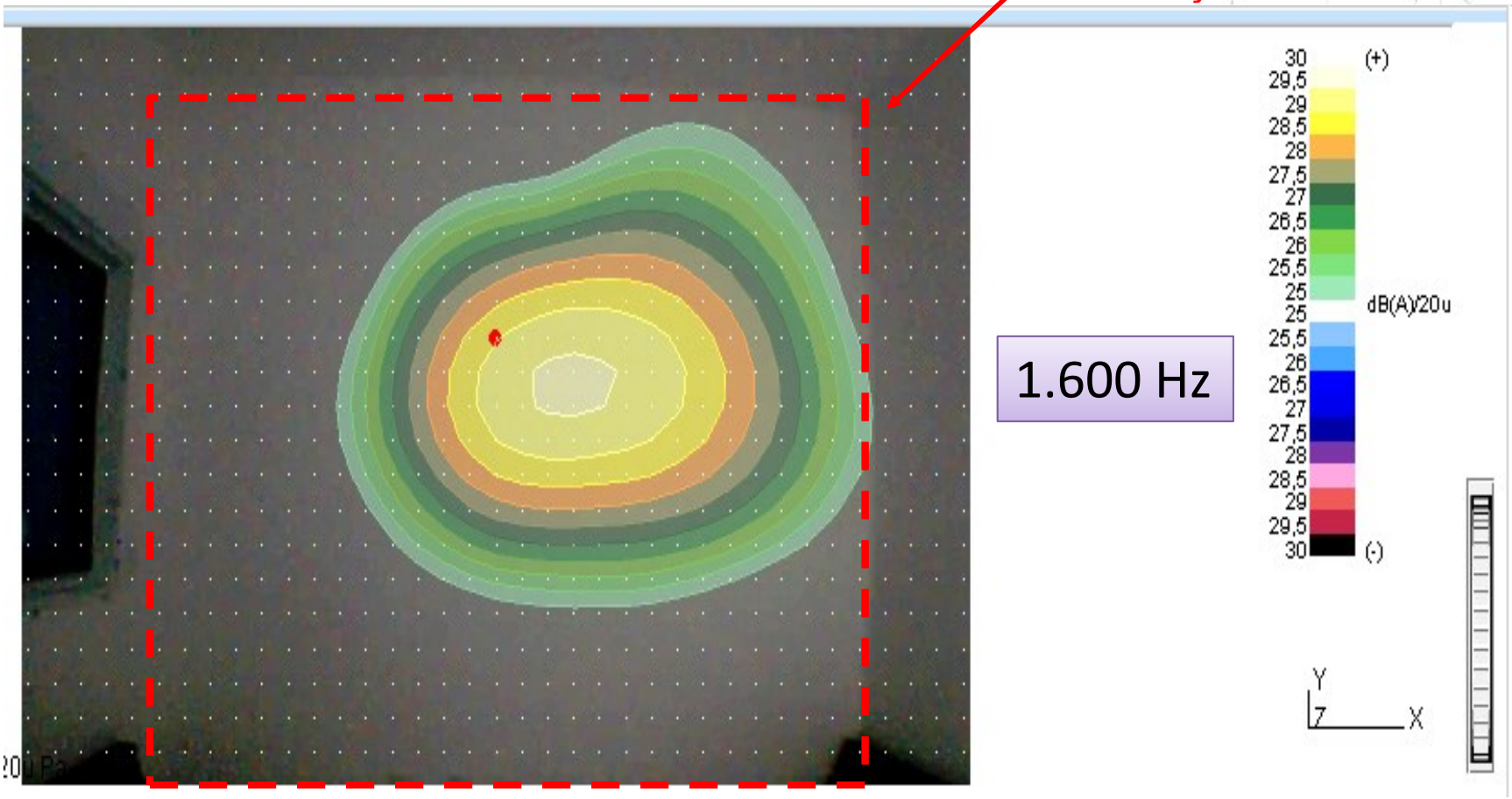
Transmissão sonora periférica.

- Fachada com janela
- Parede cega Lateral

Transmissões de 4dB a 5 dB

Elemento de vedação com Rw de 49 dB

Outro Caso

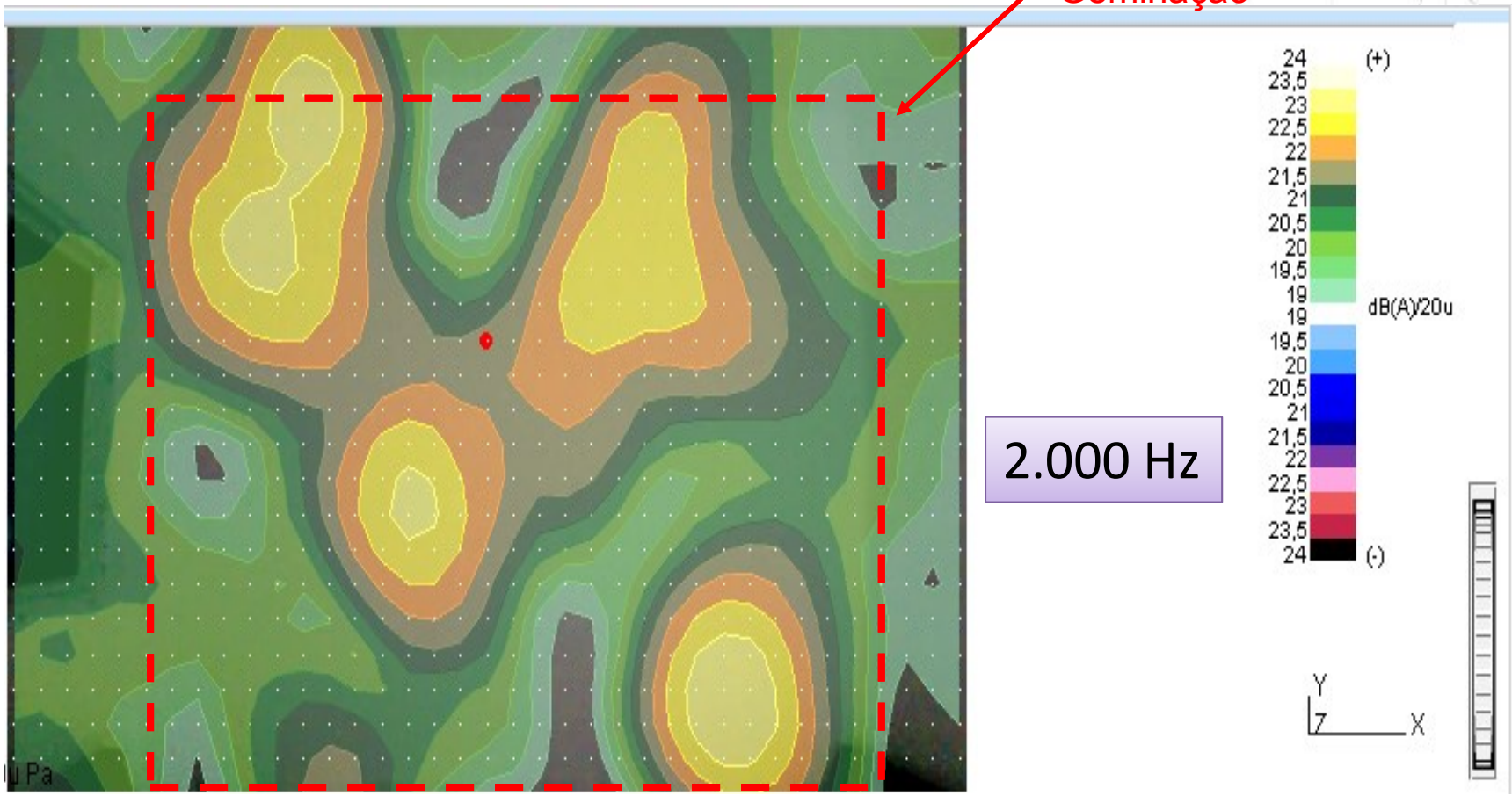


Fresta acústica no centro da parede.

- Juntas Mal executadas → Perdas de mais de 5 dB

Elemento de vedação com Rw de 49 dB

Outro Caso

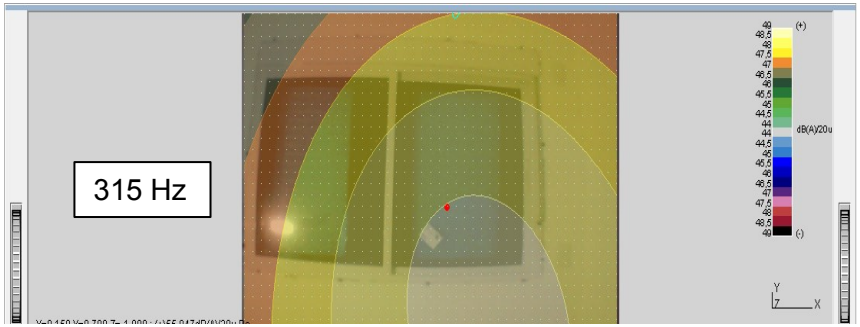


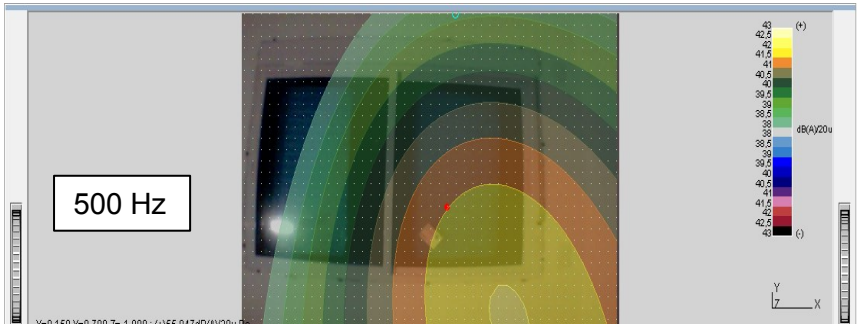
Fresta acústica ao longo da superfície da parede.

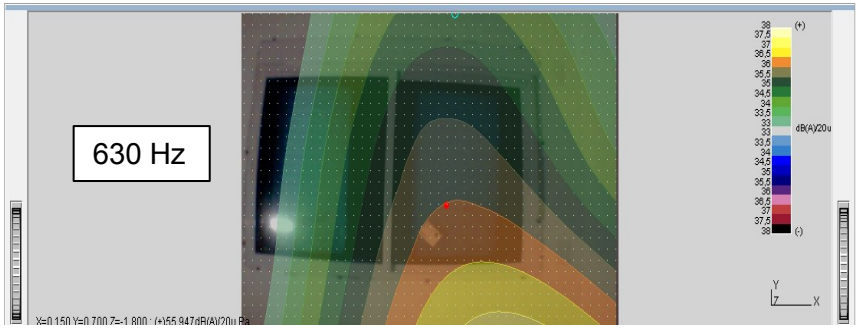
- Juntas Mal executadas → Perdas de 4 a 5 dB

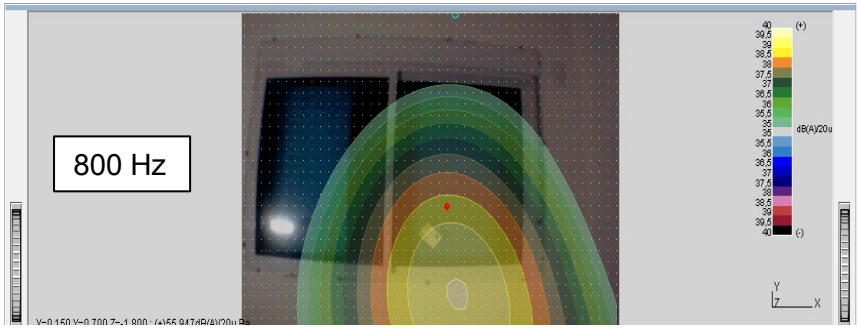
Fachada com Janela

Outro Caso



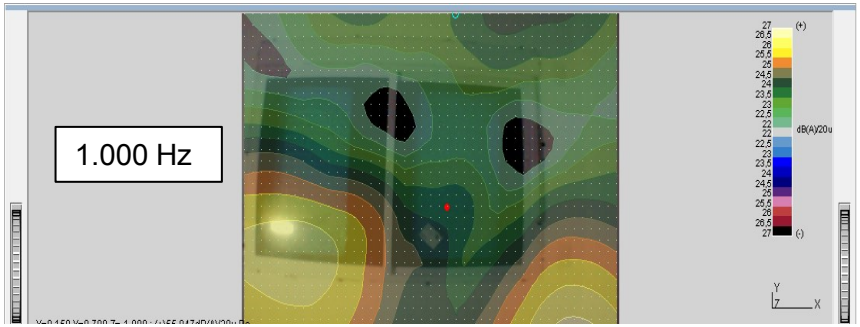




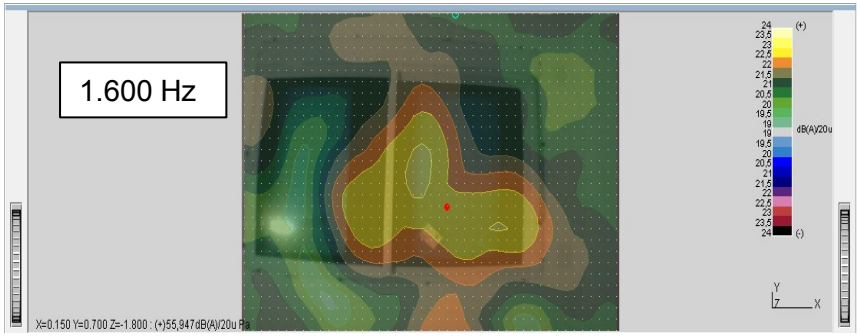


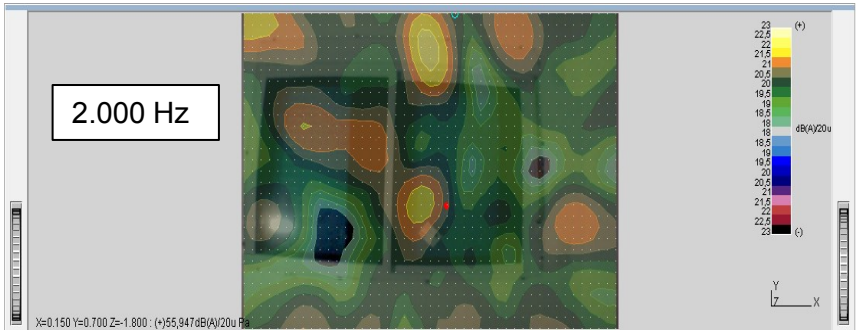
Fachada com Janela

Outro Caso

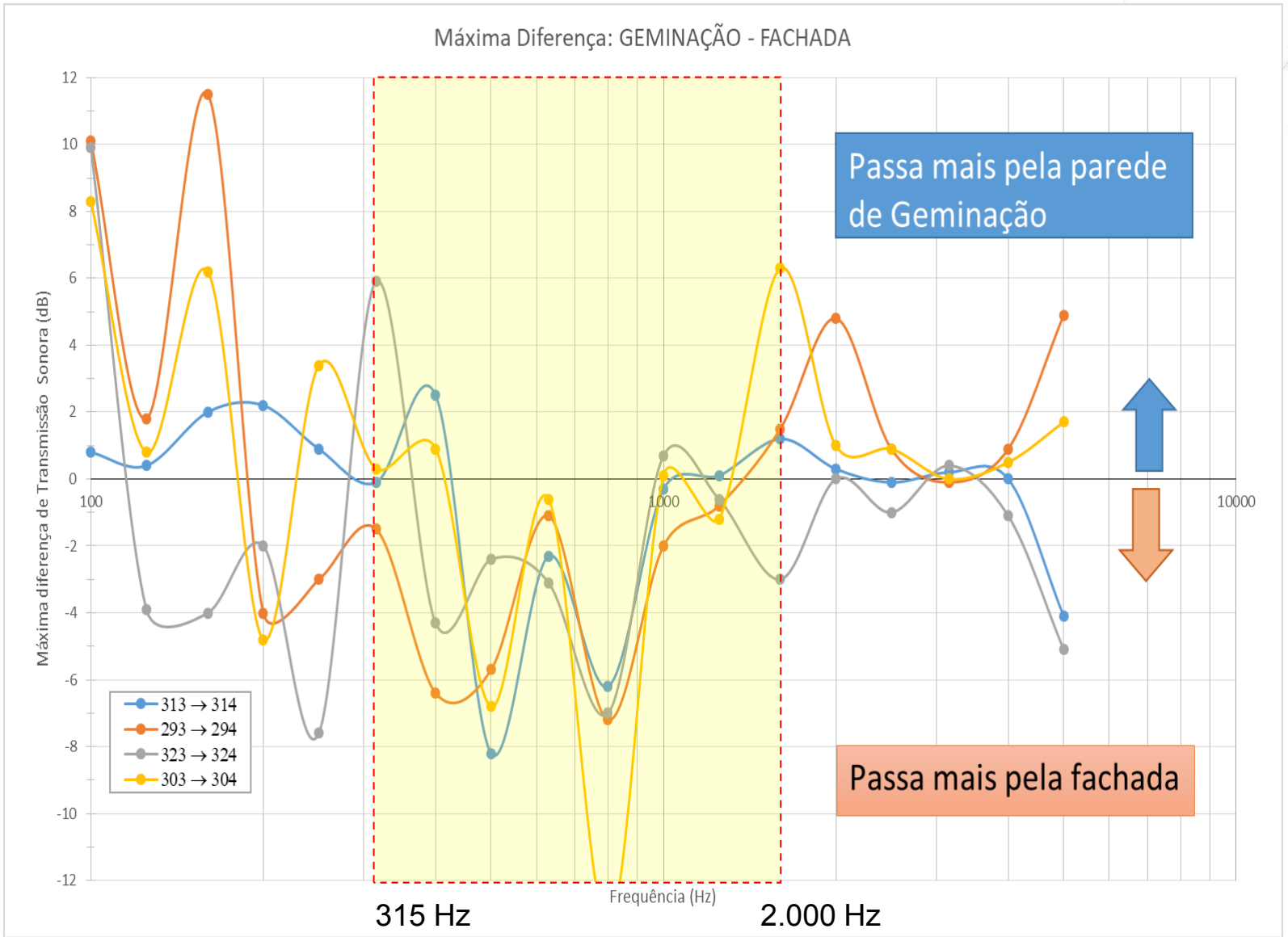








Transmissão Máxima: Fachada x Geminação
Repetido em 4 apartamentos - Outro Caso





Considerações Finais

O Desempenho Acústico de Alvenarias de Blocos depende de:



- Características dos blocos:
  - Massa;
  - Porosidade.
- Dos revestimentos:
  - Material;
  - Espessura.
- Da forma de assentamento (juntas rejuntadas x preenchidas);
- Da presença e do posicionamento de caixas e dutos;
- Da qualidade da execução;
  - A isolação sonora de um elemento "NÃO ACEITA DESAFOROS".
  - A eliminação de frestas tem grande impacto na melhoria da isolação sonora. → Maior que o produzido pelo respectivo ganho de massa.
- Da ancoragem da parede na estrutura.

Condicionantes do Desempenho Acústico nos Sistemas de Alvenaria de Blocos

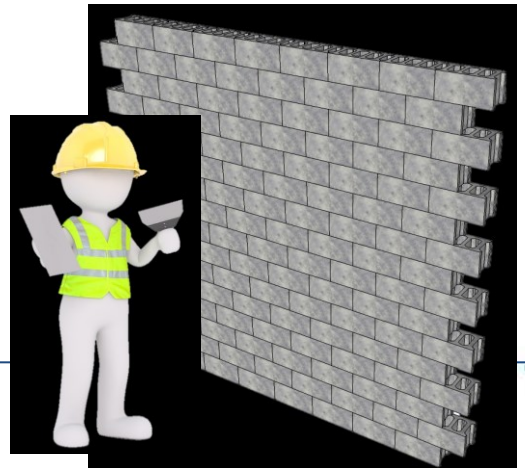
PROJETO

- Escolher COMPONENTES com potencial para produção de ELEMENTOS de vedação com desempenho adequado.
- Análise e solução de interfaces
- Projetos executivos detalhados e Projetos para produção
- Lembrar que a arquitetura pode ser o responsável por $D_{nT,w}$ muito menores que o R_w, **mesmo que a execução da alvenaria perfeita**.



OBRA

- Controle da qualidade dos materiais (aceitação)
- Conformidade com projeto
- Procedimentos de execução
- Definição de critérios de aceitação da obra



INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

Agradeço pela Atenção!

Eng. Dr. Fulvio Vittorino
☎ (11) 3767-4553
fulviov@ipt.br