



ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Evento

**PROMOÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE
EDIFÍCIOS, SUSTENTABILIDADE E CONFORTO
INTERIOR**

– OPTIMIZAÇÃO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS –



UNIÃO EUROPEIA

Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

**Técnicas de Inspeção e Avaliação do
Desempenho de Edifícios**

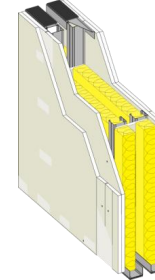
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

Paulo Amado Mendes

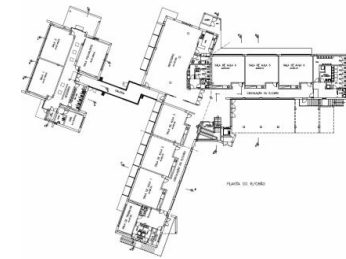
Coimbra
31 de Janeiro de 2014
www.itecons.uc.pt

Desempenho acústico das soluções construtivas

- Em **LABORATÓRIO**: Caracterizam-se elementos, soluções ou sistemas construtivos



- Em **PROJECTO**: Definem-se e estima-se o desempenho das soluções, tendo em vista os requisitos acústicos dos edifícios



- Em **OBRA / in situ**: Verificam-se/Comprovam-se as exigências regulamentares e a conformidade aos requisitos acústicos aplicáveis



Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Legislação aplicável

Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios – RRAE (DL n.º 129/2002, republicado pelo **DL n.º 96/2008**)

Regula o conforto acústico dos espaços construídos, tendo sido compatibilizado com o **Regulamento Geral do Ruído – RGR** (DL n.º 9/2007), visando a melhoria da qualidade habitacional no país, de forma integrada com o ambiente sonoro exterior.

→ Verificação do **cumprimento dos requisitos *in situ***, através de **medições acústicas** vs. conformidade da obra com **projecto** (**RJUE**, DL n.º 26/2010)

CrITÉrios de amostragem definidos pelo LNEC (Circular Clientes n.º 01/2009, emitida pelo IPAC; revistos em 13/04/2012)

→ A utilizar na **Avaliação acústica** dos edifícios (**Portaria n.º 232/2008**)

→ Verificação por **amostragem**, assegurando a **representatividade** das soluções construtivas.

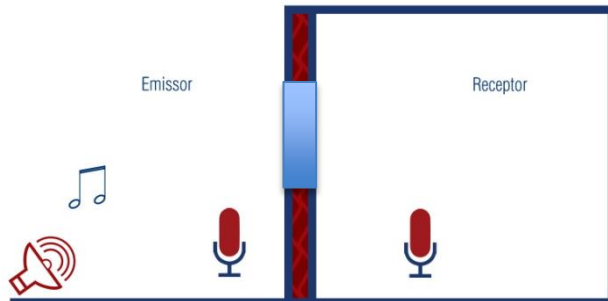
Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

ITeCons

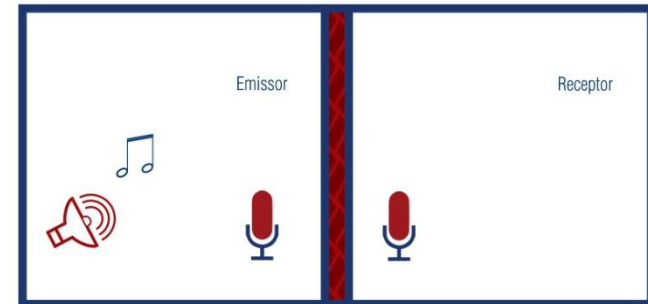
Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Ensaios efectuados *in situ* - metodologia

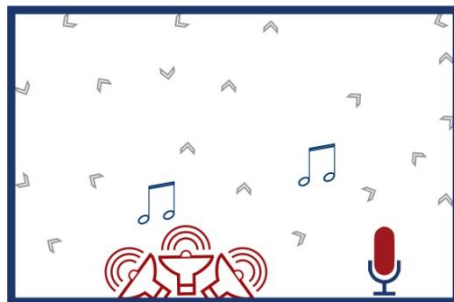
- Medição do isolamento a **sons aéreos de fachadas** (NP EN ISO 140-5 e ISO 717-1);



- Medição do isolamento a **sons aéreos** entre compartimentos (NP EN ISO 140-4 e ISO 717-1);



- Medição do **tempo de reverberação** (NP EN ISO 3382-2).



- Medição do isolamento a **sons de percussão** de pavimentos (NP EN ISO 140-7 e ISO 717-2);



Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

Ensaio efectuado *in situ* - equipamento



Sonómetro integrador



Fonte de ruídos aéreos (omnidireccional)



Fonte normalizada de ruídos de percussão

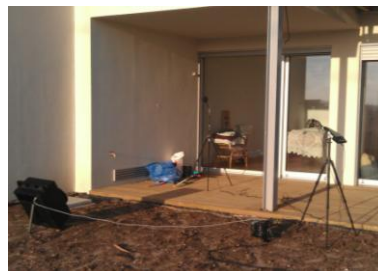
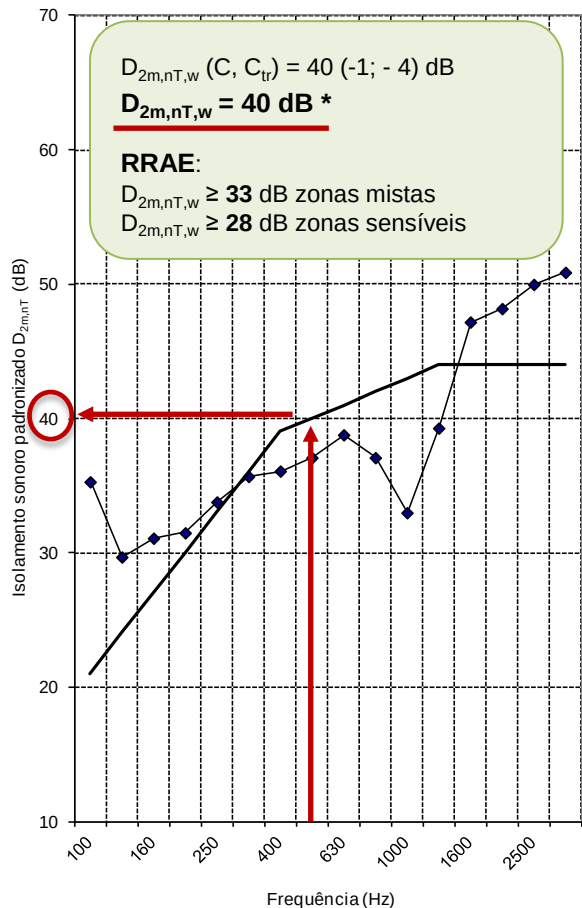


Fonte de ruídos aéreos (direccional)

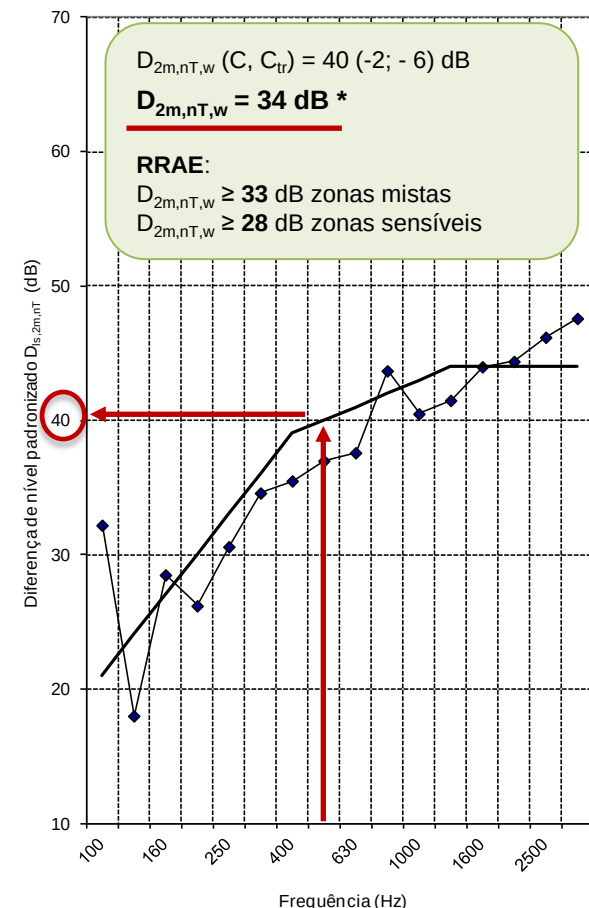
Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

Ensaio efectuado *in situ* – exemplos de resultados

Isolamento a sons aéreos de fachadas



* Incluindo correcção correspondente ao termo de adaptação espectral, C ou C_{tr} , em função da % da área translúcida (> 60%)

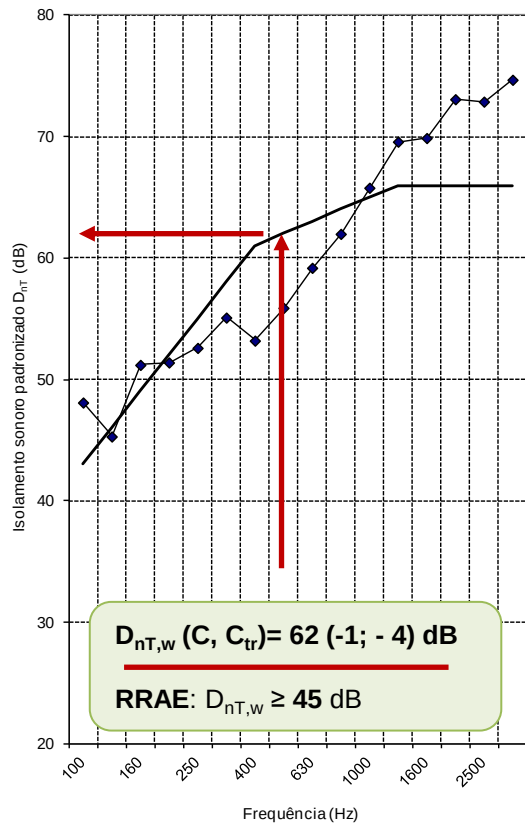


Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
 AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
 Tecnológico em Ciências da Construção

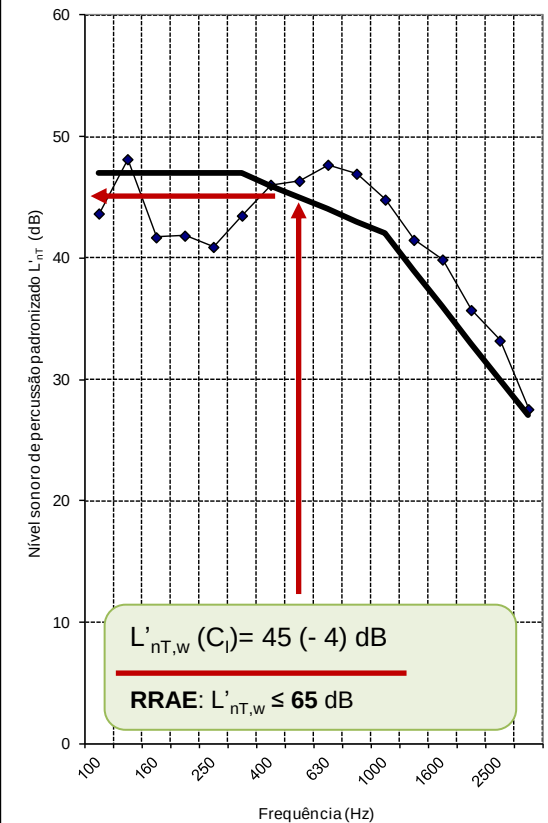
Ensaio efectuados *in situ* – exemplos de resultados



Isolamento a sons
aéreos



Isolamento a sons de
percussão



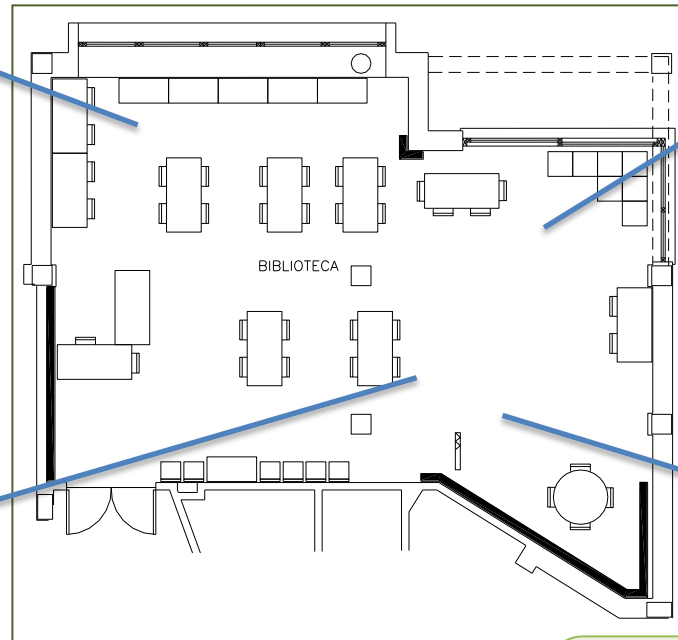
Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Ensaio efectuado *in situ* – exemplos de resultados

Tempo de reverberação



Freq. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
T (s)	--	0,83	--	--	0,83	--	--	0,68	--
Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
T (s)	--	0,68	--	--	0,81	--	--	0,82	--

$$T = \frac{T_{r_{500}} + T_{r_{1000}} + T_{r_{2000}}}{3} = \boxed{0,72} \text{ (s)}$$

$$\text{RRAE: } T - 0.26 \leq 1.04 \text{ s}$$

Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Ensaio efectuados *in situ* – análise de resultados

Número de edifícios: **10**

Tipologia:

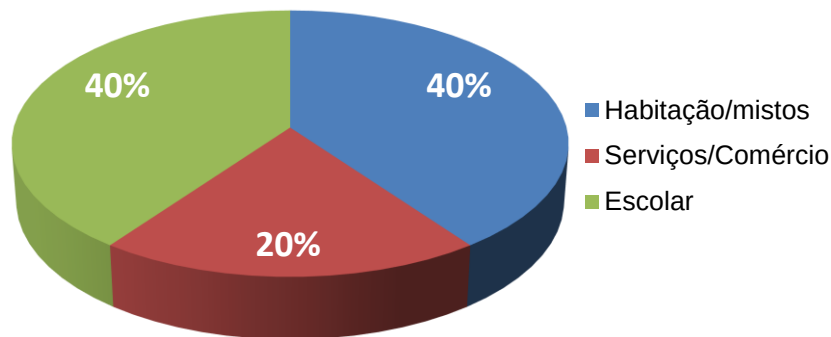
- Habitação/mistos: 4
- Serviços/comércio: 2
- Escolares: 4

Número de medições acústicas: **87**

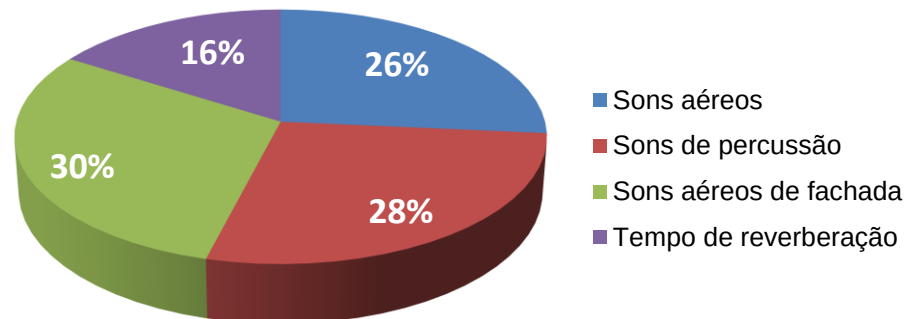
Tipologia:

- Isolamento a sons aéreos: **23**
- Isolamento a sons aéreos de fachadas: **26**
- Isolamento a sons de percussão: **24**
- Tempo de reverberação: **14**

Tipologia de edifício



Tipologia de ensaio



Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Ensaaios efectuados *in situ* – tipologia de soluções construtivas ensaiadas

• Lajes de pavimentos

- ☐ Laje em blocos de betão leve e betão complementar + betonilha armada + ICB + tecto falso
- ☐ Laje aligeirada em betão armado + argamassa de regularização + tecto falso
- ☐ Laje maciça em betão armado + betonilha + tecto falso (placas de gesso cartonado ou gesso cartonado perfurado)
- ☐ Laje em betão alveolada + betonilha + XPS + tecto falso

• Paredes compartimentação

- ☐ Parede simples em alvenaria de tijolo cerâmico furado + reboco projectado.
- ☐ Parede dupla em alvenaria de bloco térmico + caixa-de-ar com poliestireno extrudido, com reboco tradicional
- ☐ Parede dupla em alvenaria de tijolo furado + caixa-de-ar vazia + reboco projectado
- ☐ Parede divisória leve com perfil metálico de 90mm e placa dupla (em cada face) em gesso cartonado + caixa-de-ar com lã de rocha
- ☐ Parede simples em alvenaria de tijolo furado + estuque projectado

Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Ensaaios efectuados *in situ* – tipologia de soluções construtivas ensaiadas

• Paredes de fachada – Parte opaca

- ☐ Parede dupla em alvenaria de tijolo furado + caixa-de-ar preenchida com XPS + reboco tradicional
- ☐ Parede simples em bloco térmico + poliestireno extrudido + reboco
- ☐ Fachada cortina, totalmente envidraçada
- ☐ Parede dupla em alvenaria de tijolo furado + caixa-de-ar vazia + reboco projectado
- ☐ Parede dupla em alvenaria de tijolo furado + caixa-de-ar com XPS + gesso projectado
- ☐ 2 camadas placas de gesso cartonado + lã de rocha + caixa-de-ar vazia + alvenaria de pedra aparelhada 20cm
- ☐ Alvenaria em bloco térmico + poliestireno + argamassa tradicional de cimento

• Paredes de fachada – Envidraçados

- ☐ Caixilharia em alumínio com vidro duplo (8mm + caixa-de-ar 10mm + 6mm)
- ☐ Caixilharia em alumínio com vidro duplo (5mm + caixa-de-ar 10mm + 4mm)
- ☐ Caixilharia em alumínio com vidro duplo (6mm + caixa-de-ar 12mm + 5mm)
- ☐ Vidro duplo (8mm + caixa-de-ar 12mm + 8,4mm)
- ☐ Caixilharia em alumínio com vidro duplo (6mm+ caixa-de-ar 10mm + 8mm)
- ☐ Caixilharia em alumínio com vidro duplo (6mm+ caixa-de-ar 16mm + 5mm)
- ☐ Caixilharia em alumínio com vidro duplo (5mm+ caixa-de-ar 16mm + 4mm)

Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

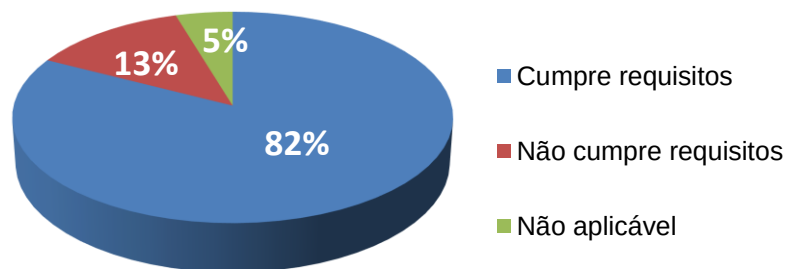
ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

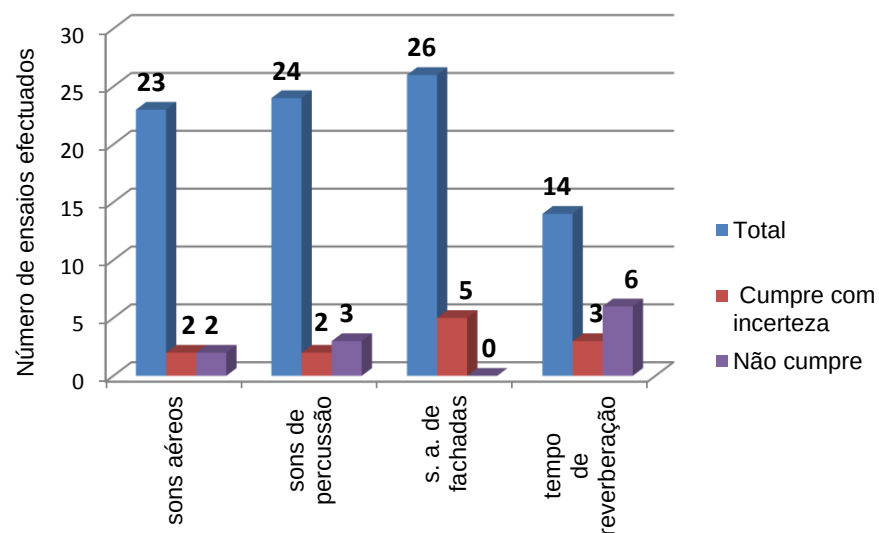
Ensaio efectuados *in situ* – análise de resultados

Cumprimento de requisitos legais

Nos ensaios realizados (%)



Por tipologia de ensaio



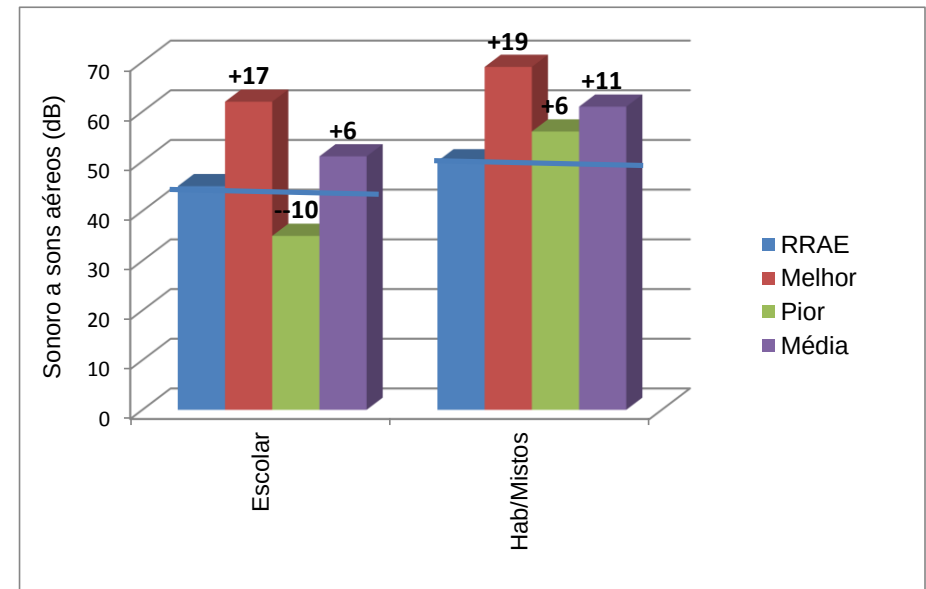
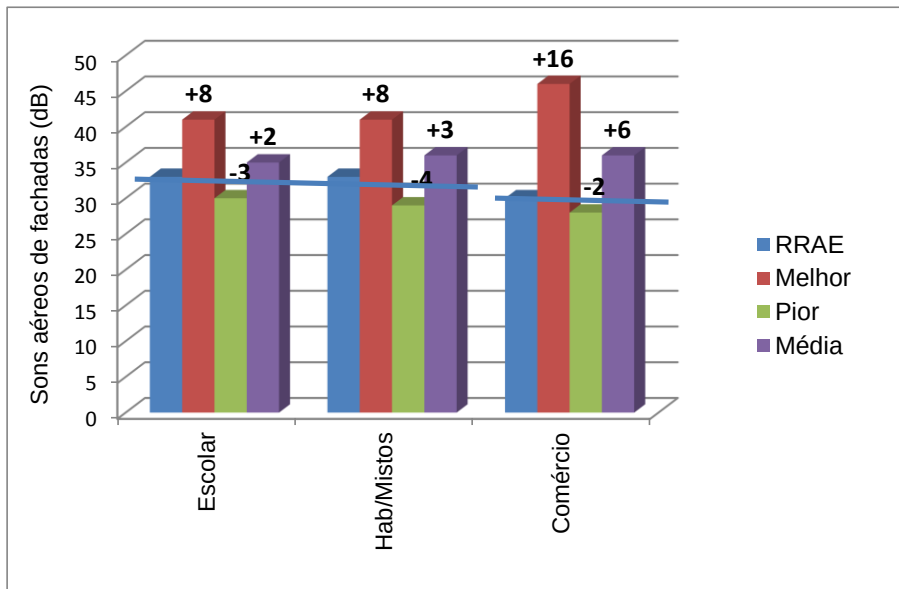
Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Ensaio efectuados *in situ* – análise de resultados

Desempenho das soluções construtivas



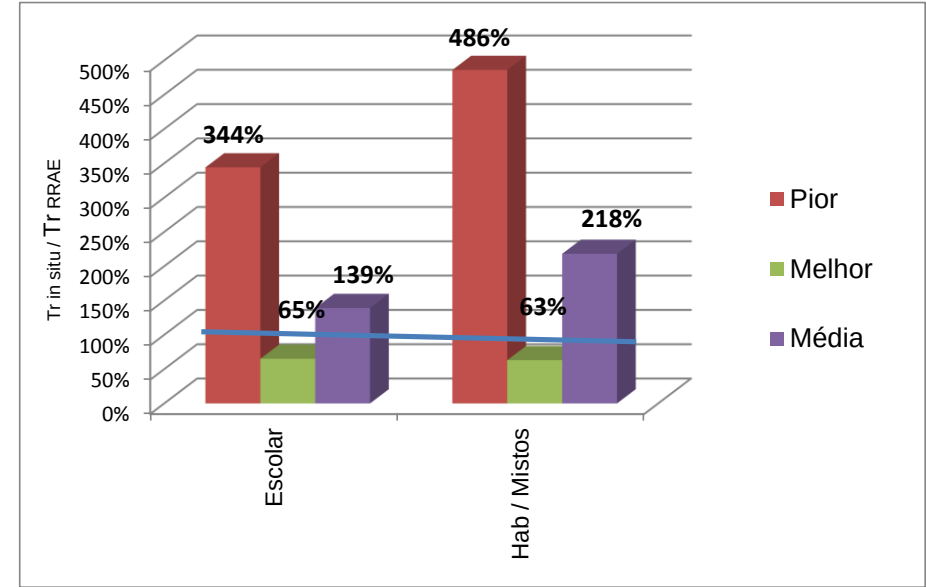
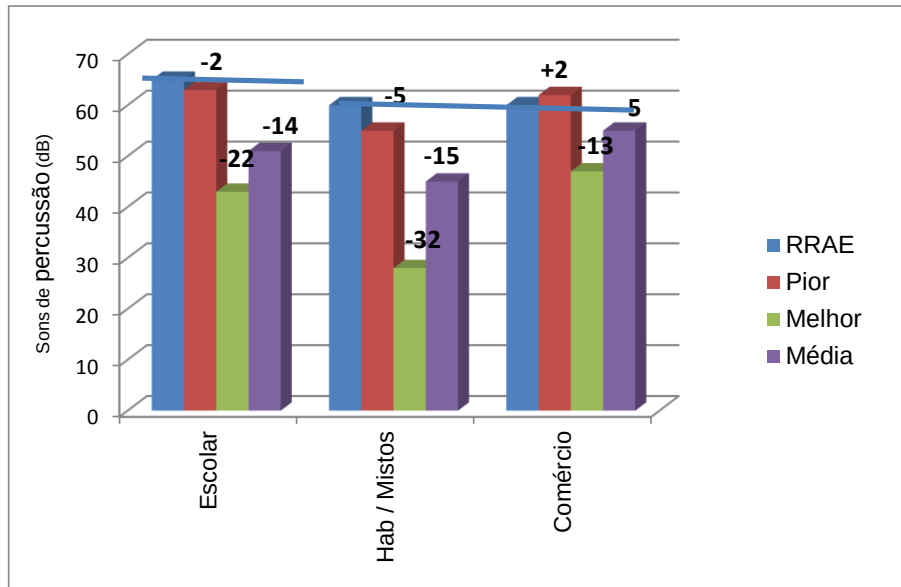
Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Ensaio efectuados *in situ* – análise de resultados

Desempenho das soluções construtivas

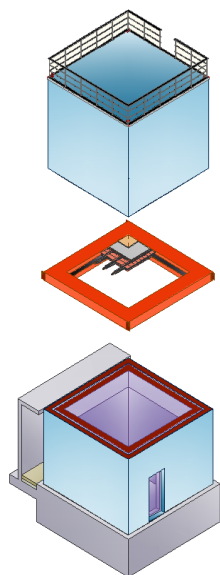


Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

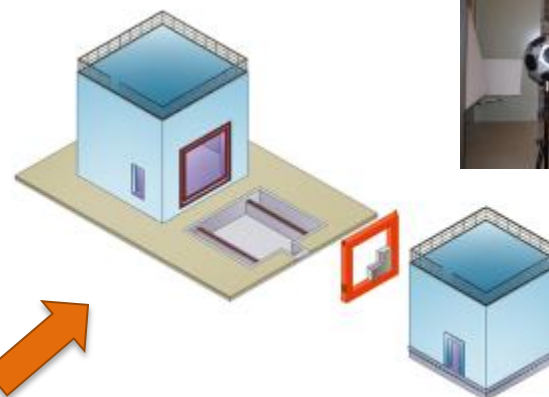
ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Ensaaios laboratoriais: Para alcançar soluções construtivas otimizadas



Câmaras acústicas verticais:
isolamento a sons aéreos e a sons de
percussão de elementos horizontais



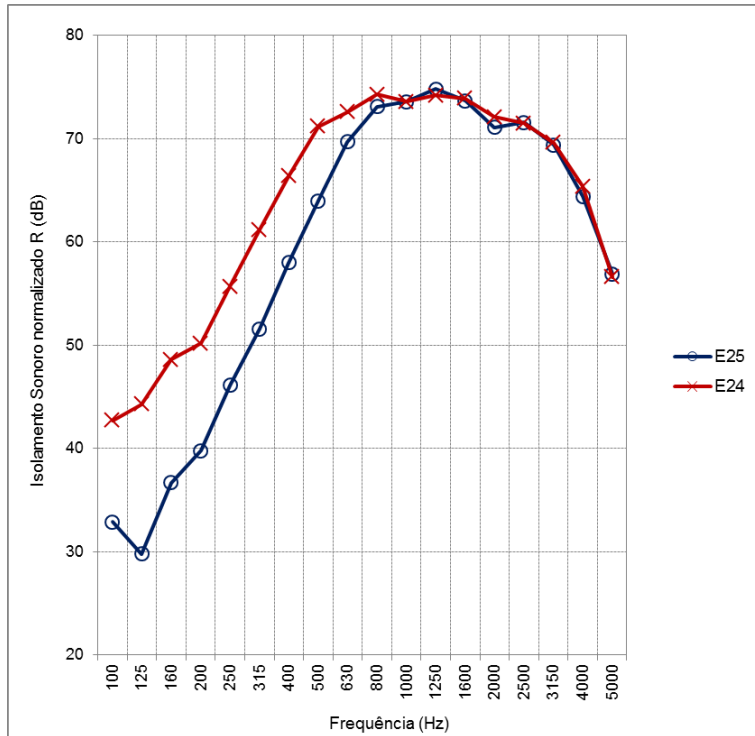
Câmaras acústicas horizontais: isolamento a sons aéreos
de elementos verticais; coeficiente de absorção sonora de
materiais e de elementos construtivos



Sonda de intensidade: mapeamento do fluxo de energia sonora que
atravessa os provetes de ensaio → auxílio na detecção de pontos
fracos de isolamento acústico

Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

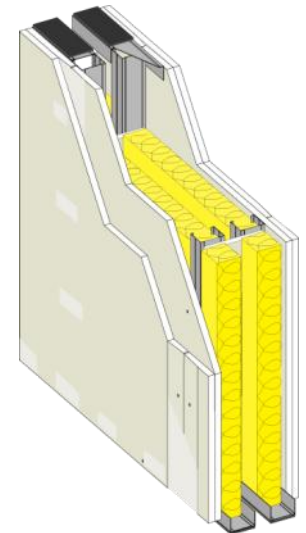
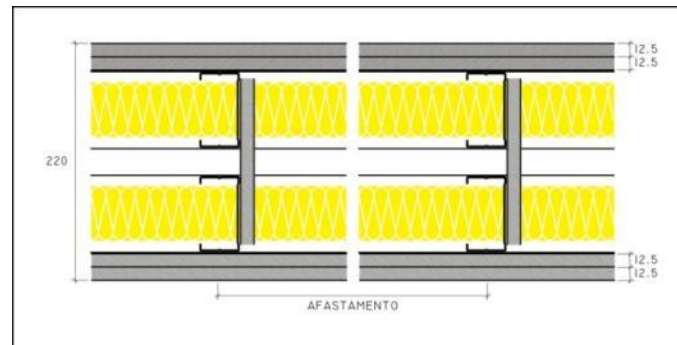
Alcançar soluções construtivas otimizadas - Paredes



Duplo perfil 70mm placa simples 1x13A 2xLM50 alta
vs Duplo perfil 70mm placa dupla 2x13A 2xLM50 alta

E25: 2x prf 70mm 1x13A: $R_w = 56\text{dB}$, $R_A = 53.3\text{dBA}$

E24: 2x prf 70mm 2x13A: $R_w = 67\text{dB}$, $R_A = 62.6\text{dBA}$

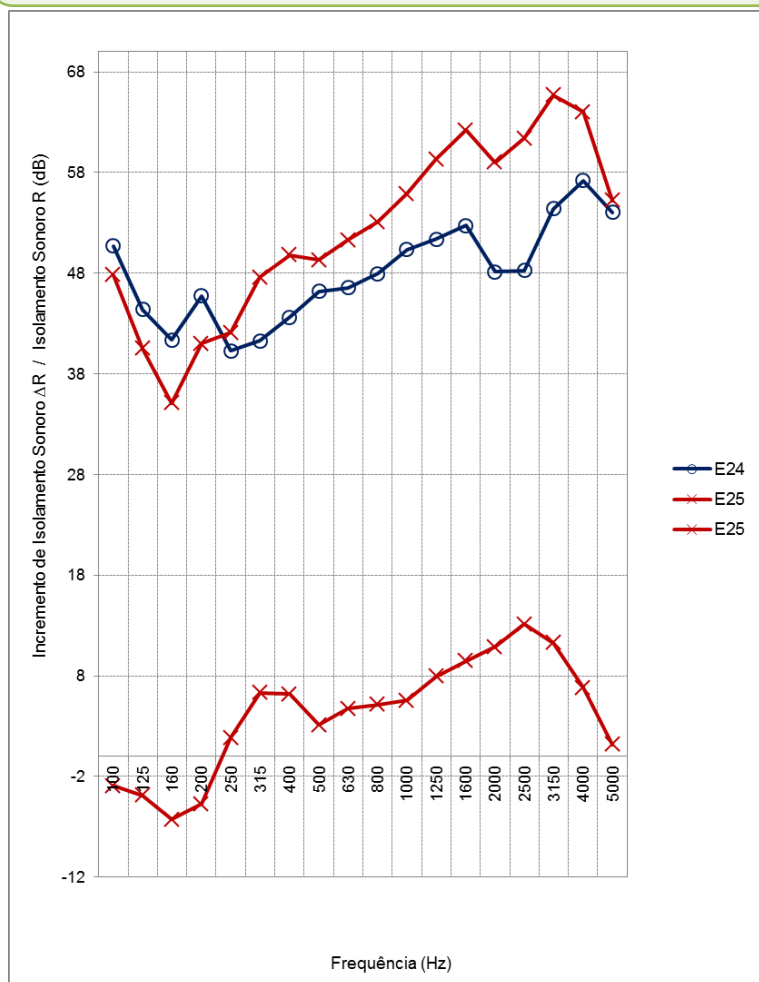


Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

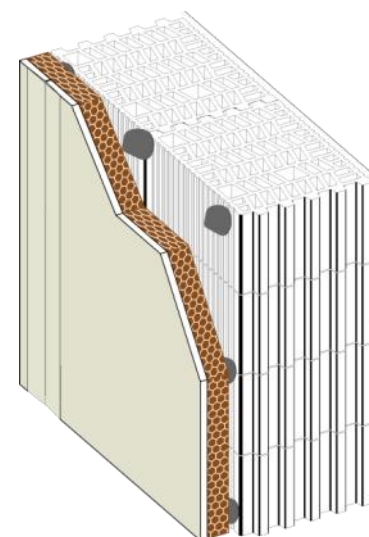
Alcançar soluções construtivas otimizadas - Paredes



ETICS com ICB 60mm

E24: parede rebocada, base: $R_w = 48\text{dB}$

E25: ETICS ICB 60mm: $R_w = 54\text{dB}$ [$\Delta R_{w\text{ dir}} 6\text{dB}$]

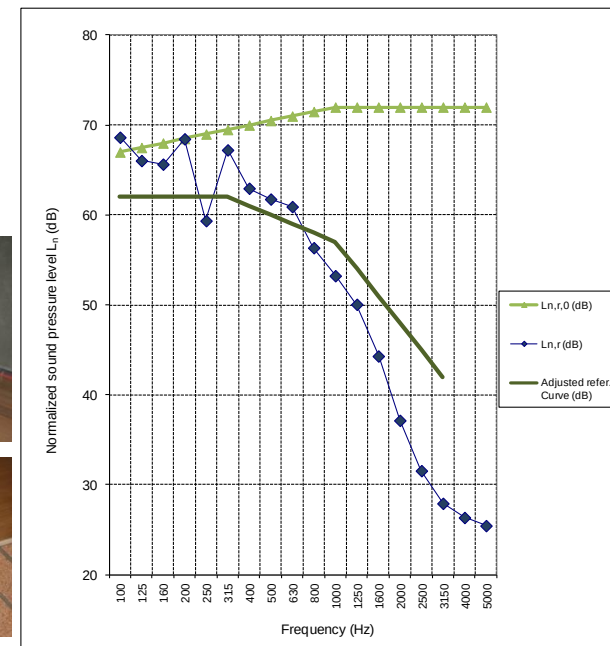
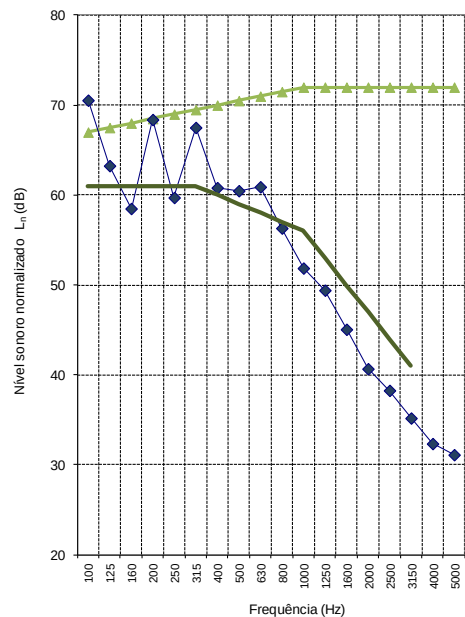


Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Alcançar soluções construtivas optimizadas - Pavimentos



$$L_{n,r,0,w}(C_{l,r,0}) = 78 \text{ (-11)} \text{ dB}$$

$$L_{n,r,w}(C_{l,r}) = 59 \text{ (1)} \text{ dB}$$

$$\Delta L_w(C_{l,\Delta}) = 19 \text{ (-12)} \text{ dB}$$

$$L_{n,r,0,w}(C_{l,r,0}) = 78 \text{ (-11)} \text{ dB}$$

$$L_{n,r,w}(C_{l,r}) = 60 \text{ (0)} \text{ dB}$$

$$\Delta L_w(C_{l,\Delta}) = 18 \text{ (-11)} \text{ dB}$$

Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

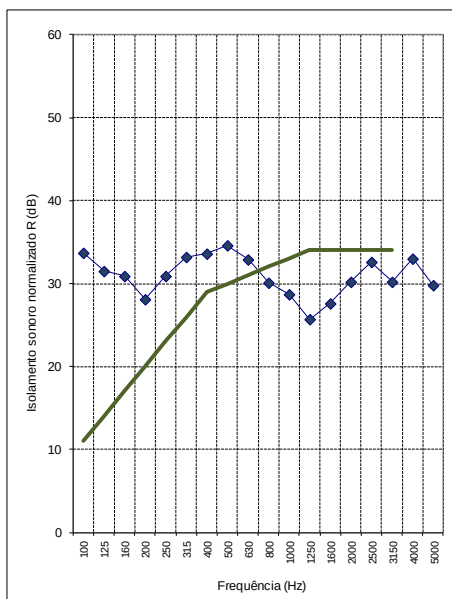
ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

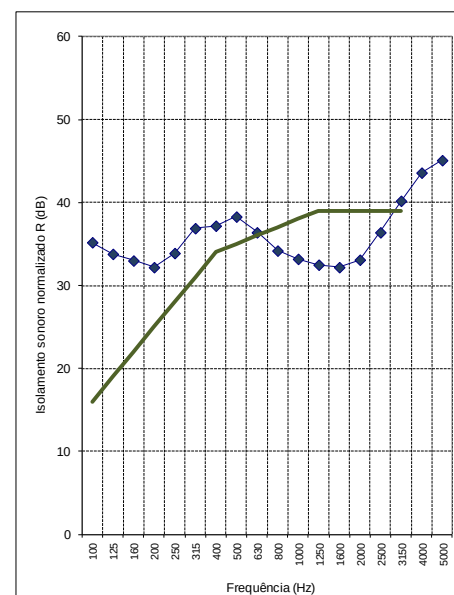
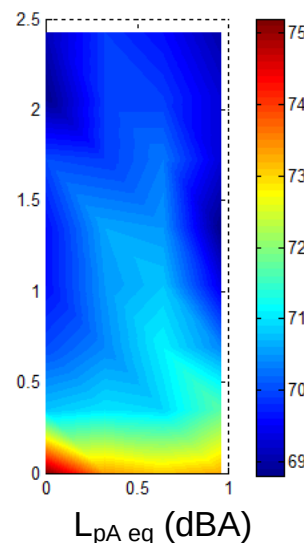
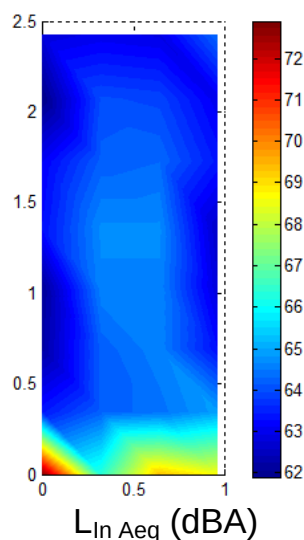
Alcançar soluções construtivas optimizadas - Portas



Porta madeira interior (70mm)



$$R_W(C; C_{tr}; C_{100-5000}; C_{tr\ 100-5000}) = \textcircled{30} -1; -1; 0; -1 \text{ dB}$$



$$R_W(C; C_{tr}; C_{100-5000}; C_{tr\ 100-5000}) = \textcircled{35} -1; -1; 0; -1 \text{ dB}$$

Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios
AVALIAÇÕES ACÚSTICAS

Considerações finais

- Na generalidade, o panorama dos edifícios novos analisados revelou níveis de desempenho interessantes.
- Boas soluções construtivas aplicadas, com debilidades pontuais.
- Globalmente, os requisitos regulamentares estão ao alcance das soluções que temos disponíveis ou que podemos melhorar.
- Sensibilização para comportamentos responsáveis por parte do utilizador é necessária.
- Técnicas de inspecção demonstraram aptidão para avaliação do desempenho e comportamento reais das, podendo ser aplicadas com objectivos de otimizar soluções construtivas

Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios