

Evento

REABILITAÇÃO ENERGETICAMENTE EFICIENTE DE EDIFÍCIOS URBANOS



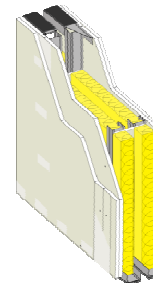
Inspecção, Debilidades e Optimização

DESEMPENHO ACÚSTICO

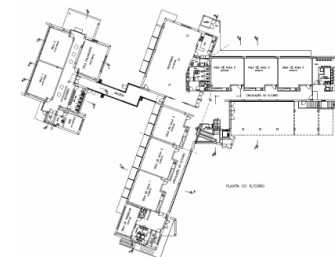
Ana Neves
Igor Castro
José Nascimento
Paulo Amado Mendes

Avaliação do desempenho acústico das soluções construtivas - etapas

- 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



Inspeção, Debilidades e Optimização
DESEMPENHO ACÚSTICO

IITeCons

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 → compatível 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.



Inspeção, Debilidades e Optimização
DESEMPENHO ACÚSTICO

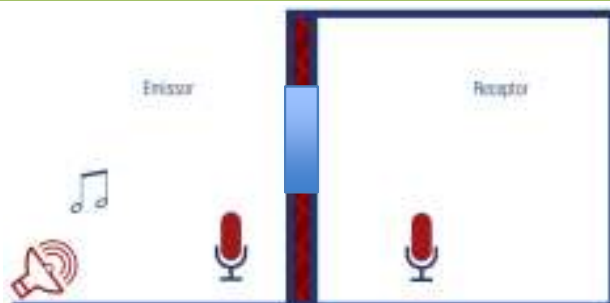
ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

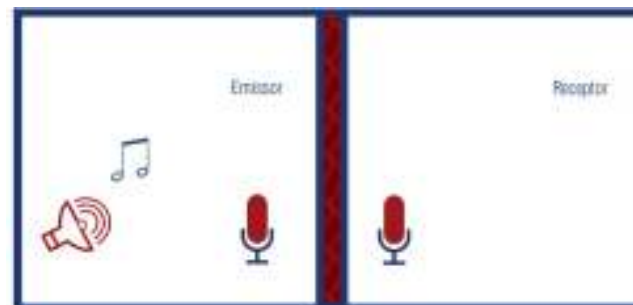
Ensaio efectuados *in situ* - metodologia



- 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);



Inspeção, Debilidades e Optimização
DESEMPENHO ACÚSTICO

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Ensaaios efectuados *in situ* - equipamento



Sonómetro integrador



Fonte de ruídos aéreos (omnidireccional)



Fonte normalizada de ruídos de percussão



Fonte de ruídos aéreos (direccional)



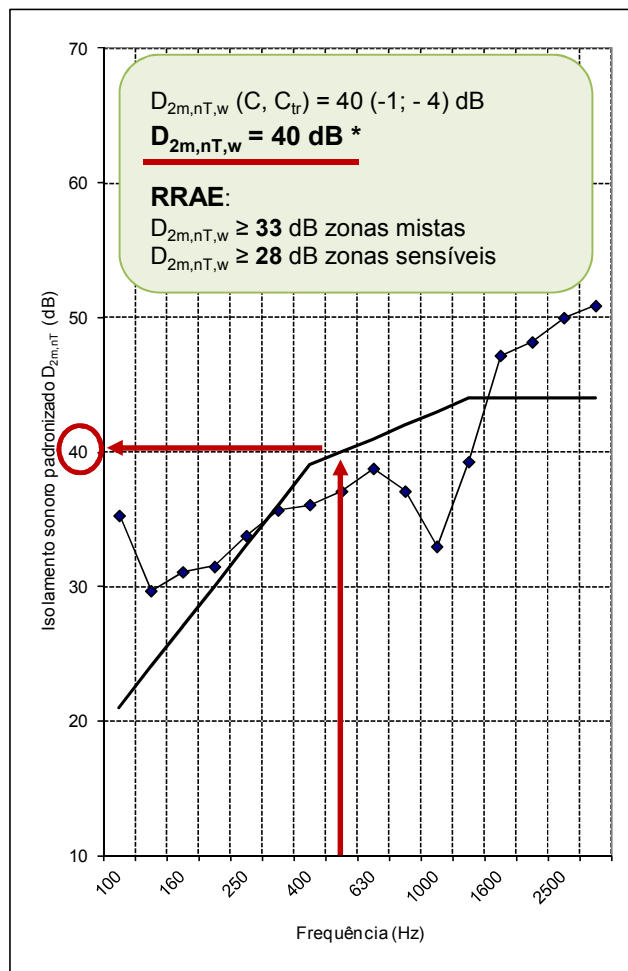
Inspeção, Debilidades e Optimização
DESEMPENHO ACÚSTICO

ITeCons

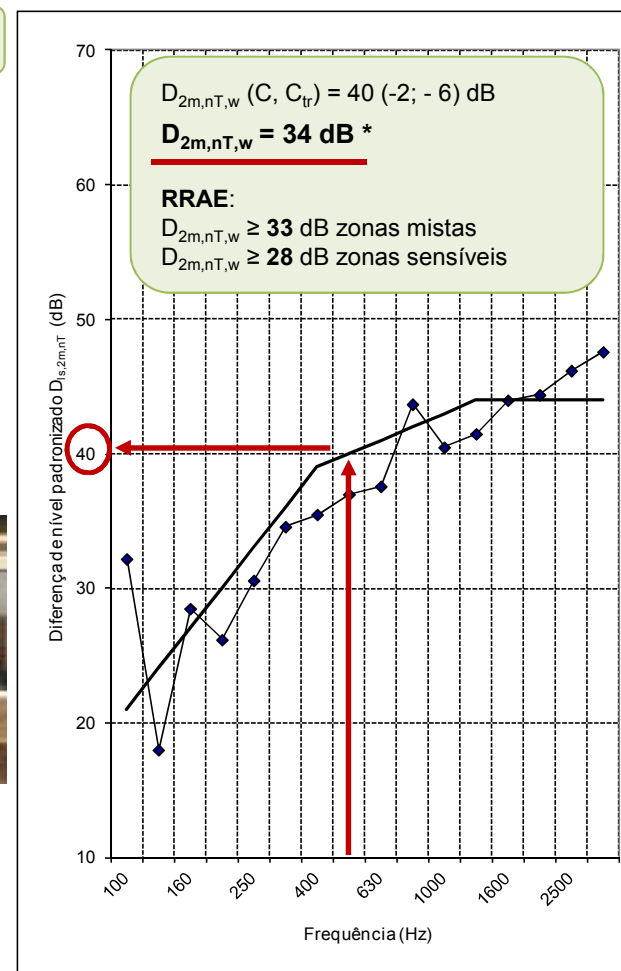
Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Ensaio efectuado *in situ* – exemplos de resultados

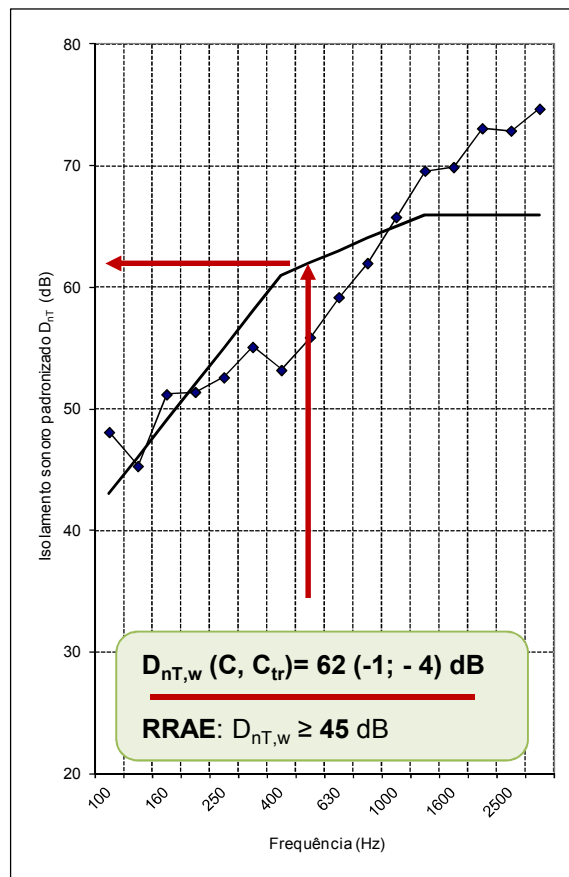
Isolamento a sons aéreos de fachadas



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



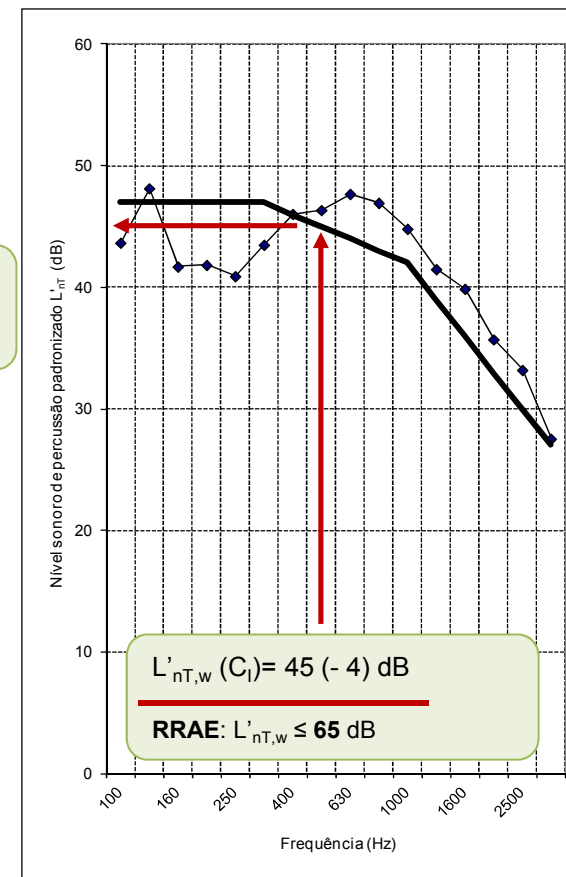
Ensaio efectuados *in situ* – exemplos de resultados



Isolamento a sons aéreos

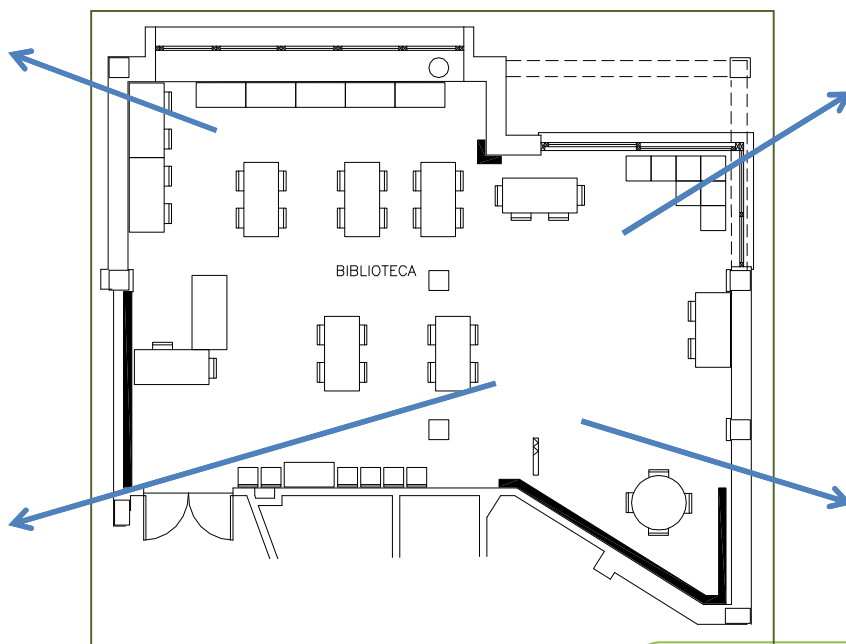


Isolamento a sons de percussão



Ensaio efectuados *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	--

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

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

Ensaio efectuados *in situ* – análise de resultados

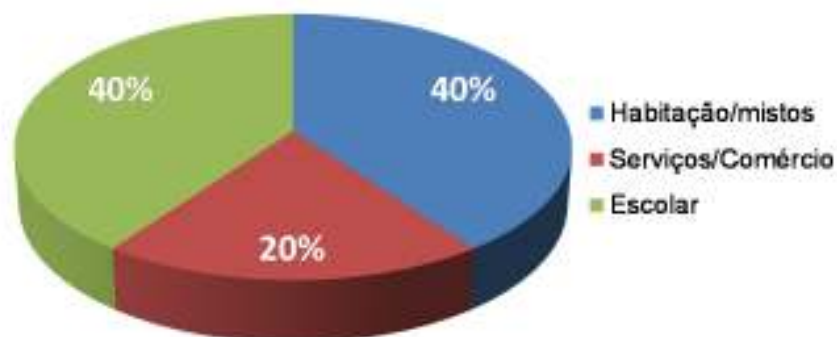
Nº de edifícios **novos**: 10

Tipologia de edifício:

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

NOVOS

Tipologia de edifício

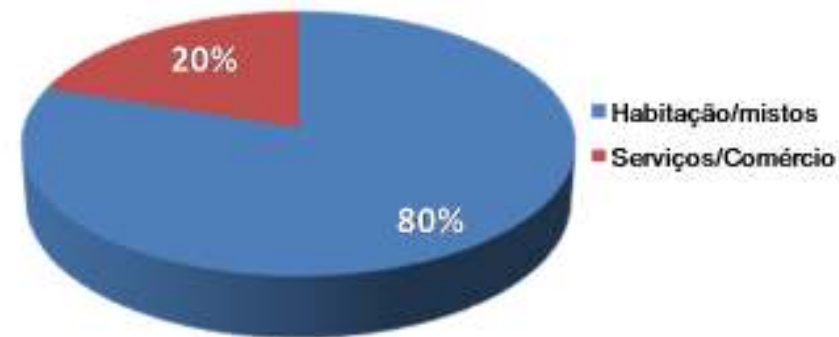


Nº de edifícios **existentes/reabilitados**: 5

Tipologia de edifício:

- Habitação/mistos: 4
- Serviços/comércio: 1

EXISTENTES



Ensaio efectuados *in situ* – análise de resultados

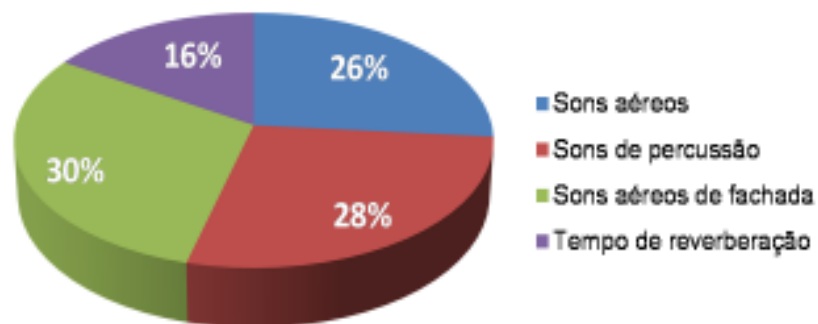
Nº de medições acústicas: **87**

Tipologia de ensaio:

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

NOVOS

Tipologia de ensaio

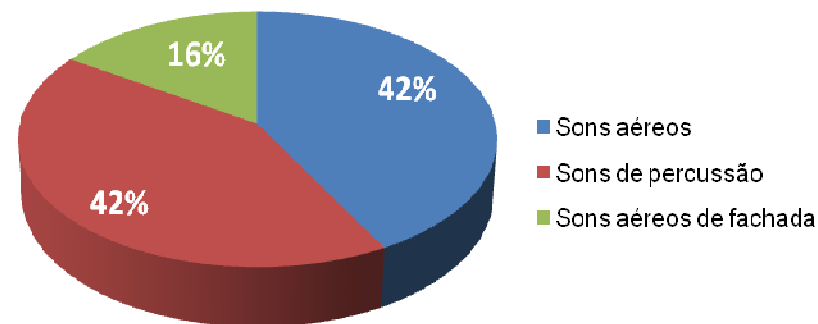


Nº de medições acústicas: **38**

Tipologia de ensaio:

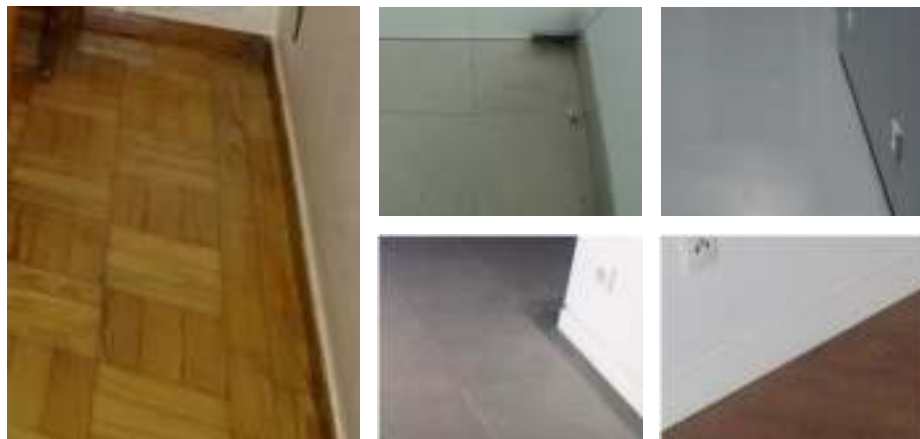
- Isolamento a sons aéreos: **16**
- Isolamento a sons aéreos de fachadas: **6**
- Isolamento a sons de percussão: **16**

EXISTENTES



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

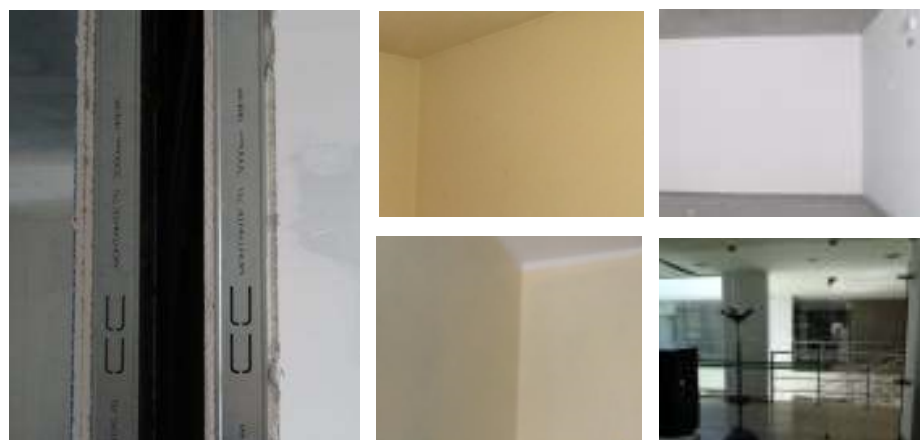
Lajes de pavimentos



Paredes de fachada – Parte opaca e envidraçados



Paredes de compartimentação



Inspeção, Debilidades e Optimização
DESEMPENHO ACÚSTICO

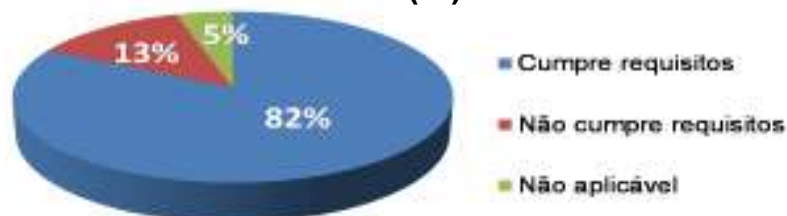
ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

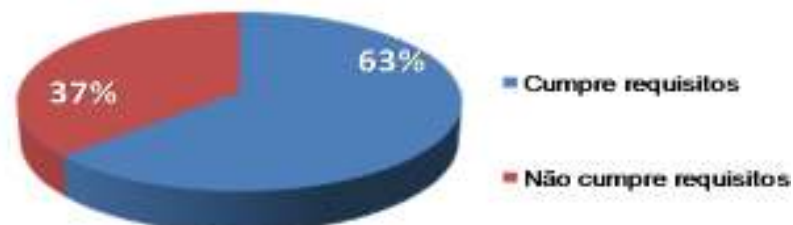
Ensaio efectuados *in situ* – análise de resultados

Cumprimento de requisitos legais

Nos ensaios realizados (%):

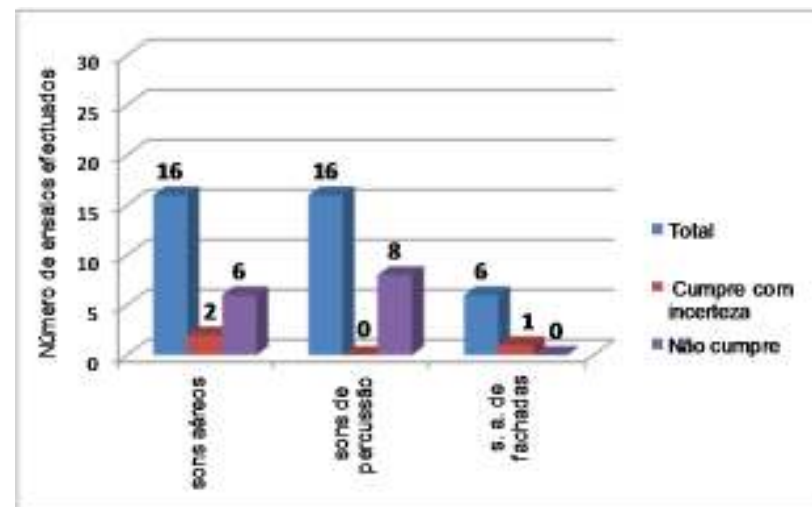
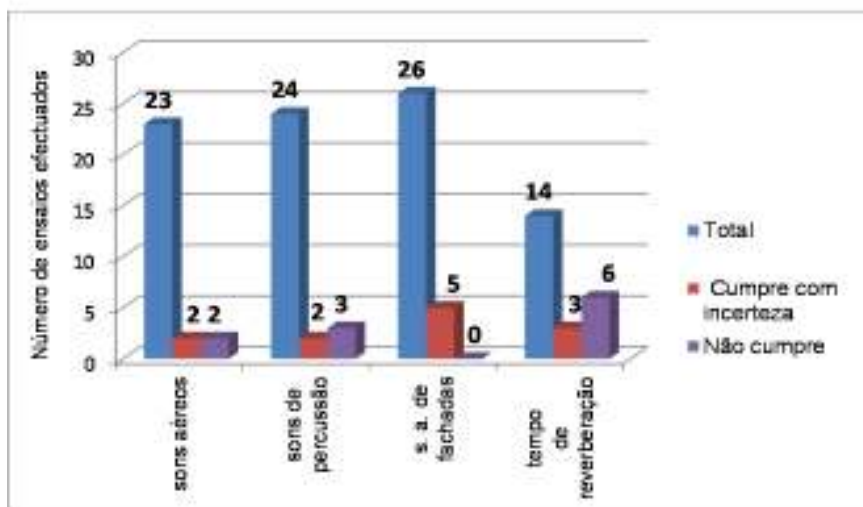


NOVOS



EXISTENTES

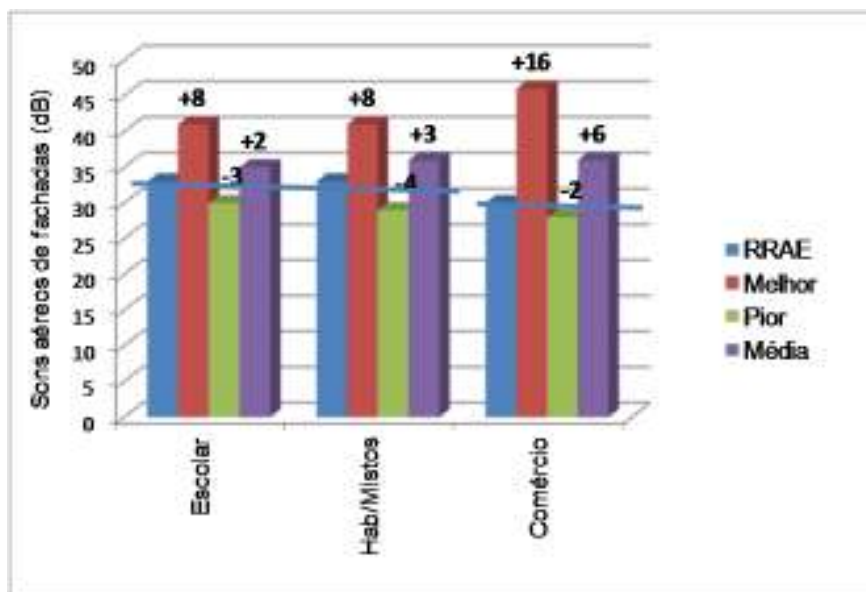
Por tipologia de ensaio:



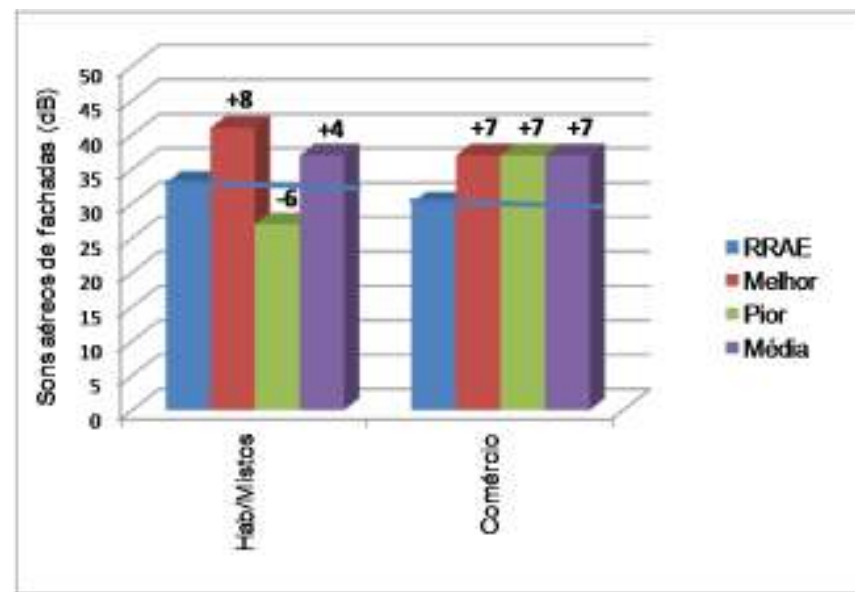
Ensaio efectuados *in situ* – análise de resultados

Desempenho das soluções construtivas – por tipologia de ensaio

NOVOS



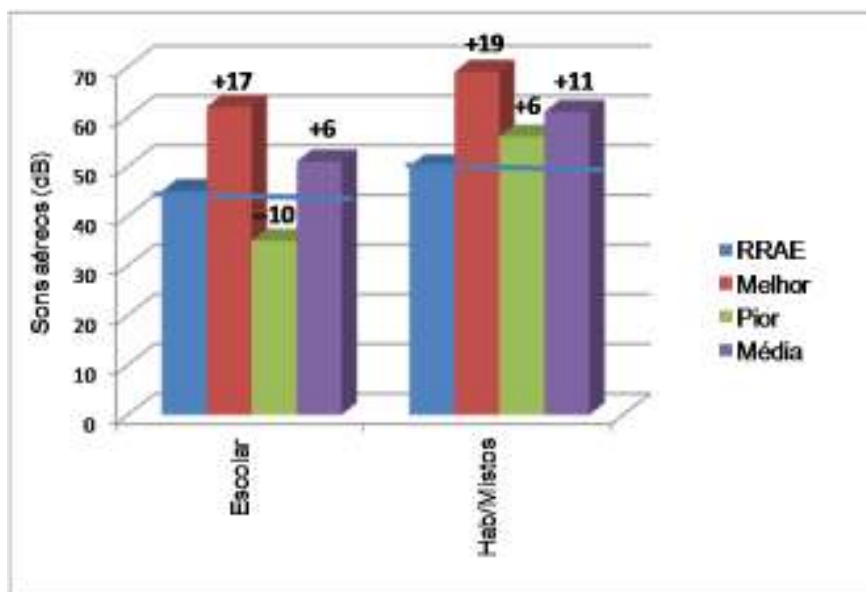
EXISTENTES



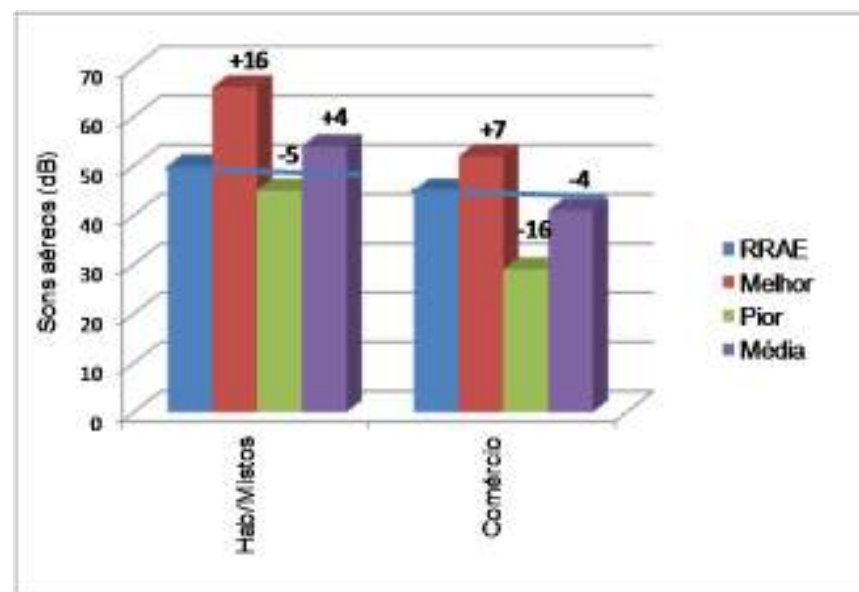
Ensaio efectuados *in situ* – análise de resultados

Desempenho das soluções construtivas – por tipologia de ensaio

NOVOS



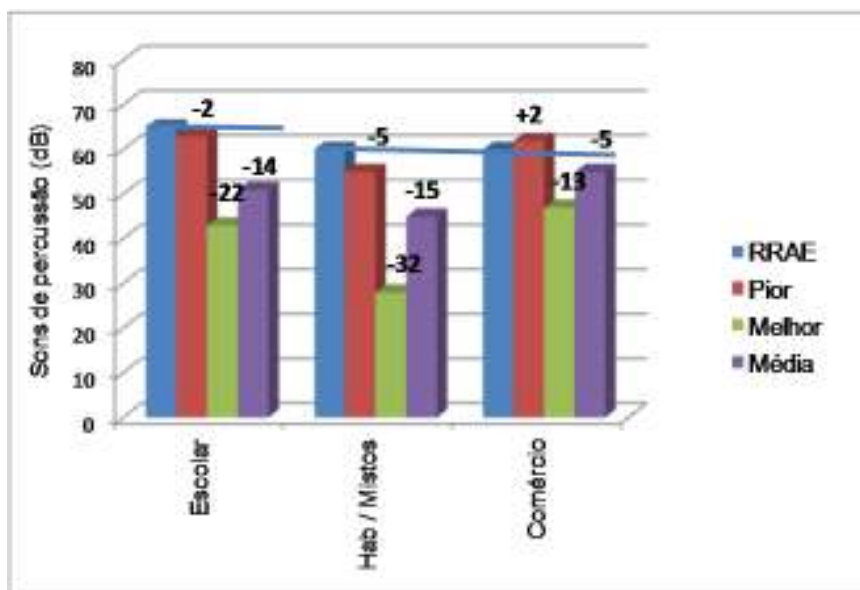
EXISTENTES



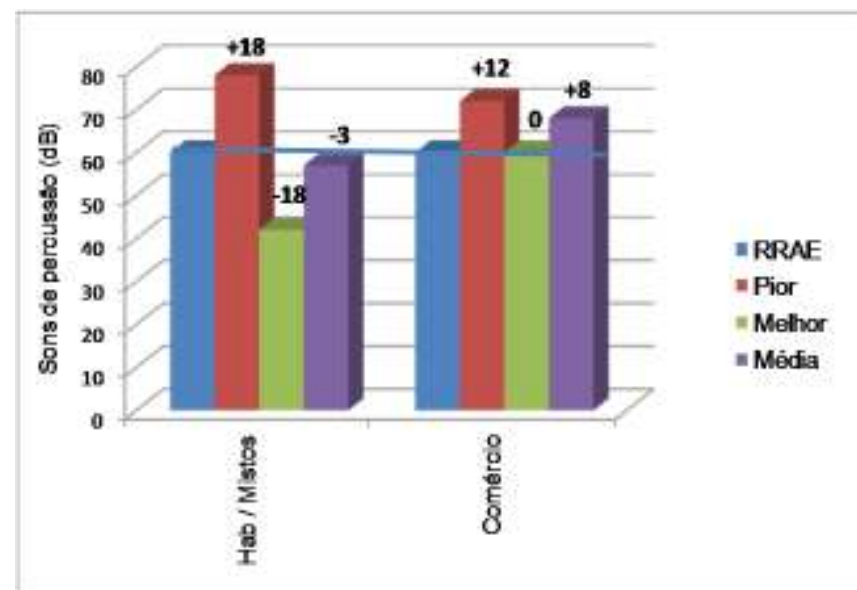
Ensaio efectuados *in situ* – análise de resultados

Desempenho das soluções construtivas – por tipologia de ensaio

NOVOS



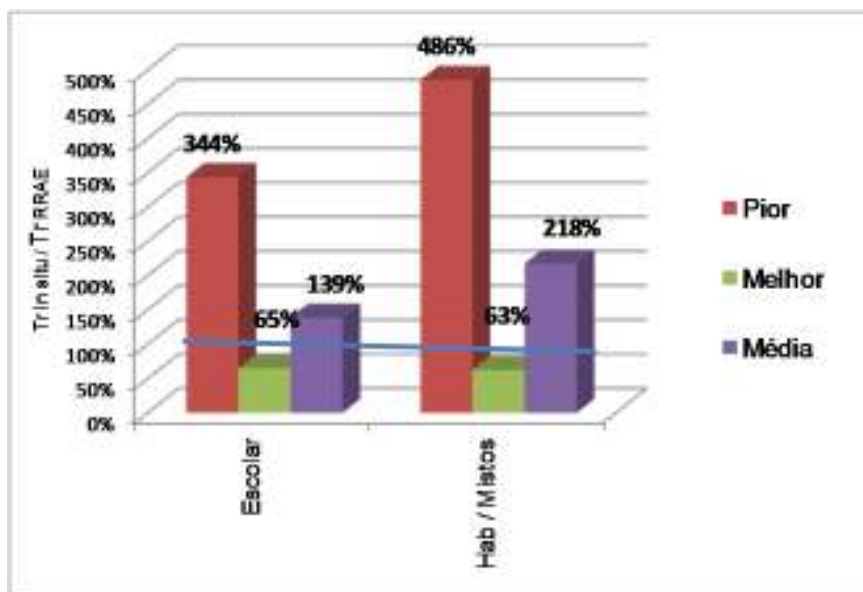
EXISTENTES



Ensaio efectuados *in situ* – análise de resultados

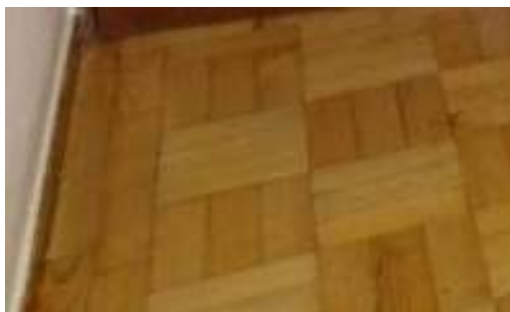
Desempenho das soluções construtivas – por tipologia de ensaio

NOVOS



Ensaio efectuados *in situ* – debilidades detectadas

Lajes de pavimentos



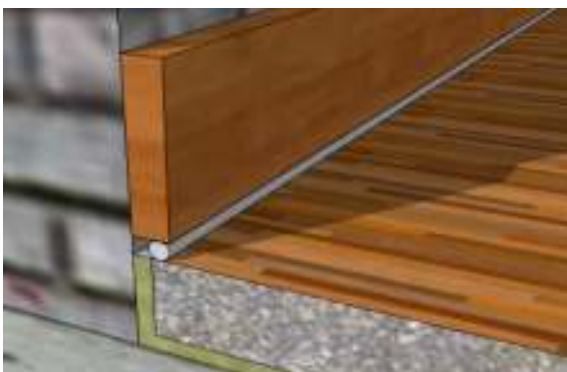
Revestimento de piso com **parquet**
Betonilha de regularização
Laje aligeirada (vigotas e betonilhas)



Revestimento de piso com **resina epóxi**
Betonilha de regularização armada
Laje maciça de betão armado 20cm



Revestimento de piso em **pedra natural**
Betonilha de regularização
Laje maciça de betão armado 17cm



Intervenções:

- Soluções de reforço superior (revestimento superficial) e reforço inferior (tectos falsos)
- Recomenda-se a utilização de camadas resilientes nos pavimentos
- Devem evitar-se ligações rígidas entre o revestimento superficial e os elementos estruturais do edifício

Ensaio efectuados *in situ* – debilidades detectadas

Paredes de compartimentação



Parede divisória **envidraçada**



Parede **divisória leve**
Revestimento com gesso cartonado
Caixa-de-ar preenchida com lã mineral



Parede de **alvenaria simples** de tijolo
Reboco tradicional

Intervenções:

- Soluções de reforço numa face ou em ambas as faces
- Melhoria de vedação entre elementos (portas, janelas, envidraçados)
- Substituição de uma parede divisória por outro elemento de maior isolamento
- Injecção de material absorvente acústico na caixa-de-ar (ex. espuma expansiva ou poliuretano em paredes duplas)

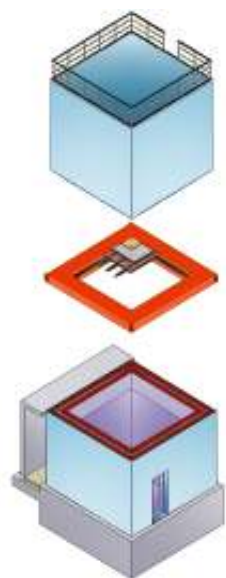


Inspeção, Debilidades e Optimização
DESEMPENHO ACÚSTICO

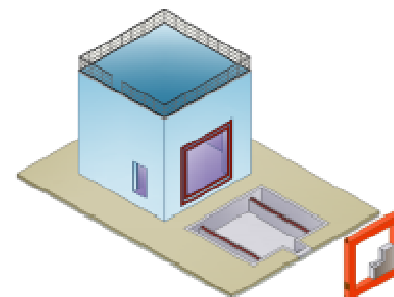
ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Ensaaios laboratoriais: Para alcançar soluções construtivas optimizadas



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

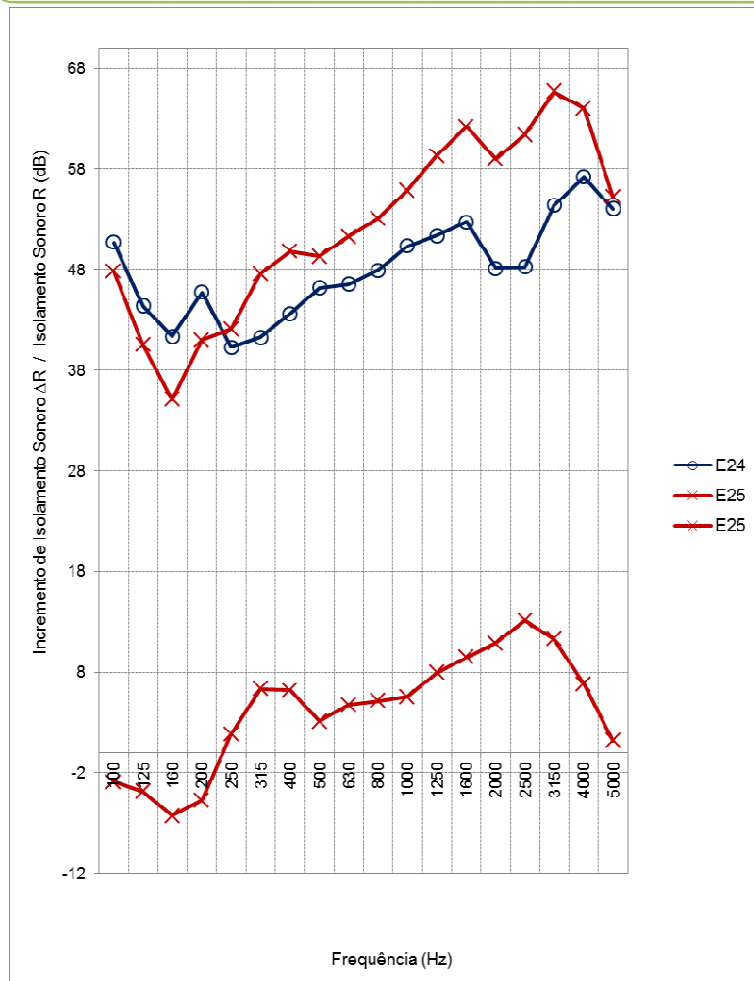


**Inspeção, Debilidades e Optimização
DESEMPENHO ACÚSTICO**

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

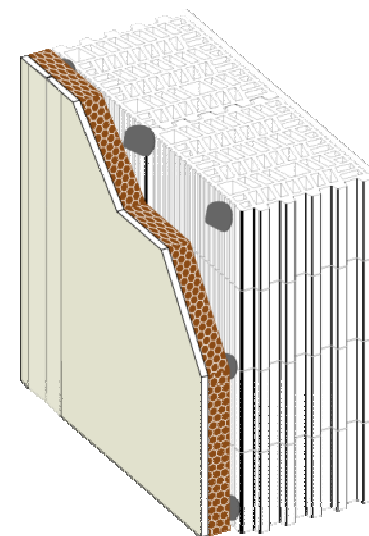
Alcançar soluções construtivas optimizadas - Paredes



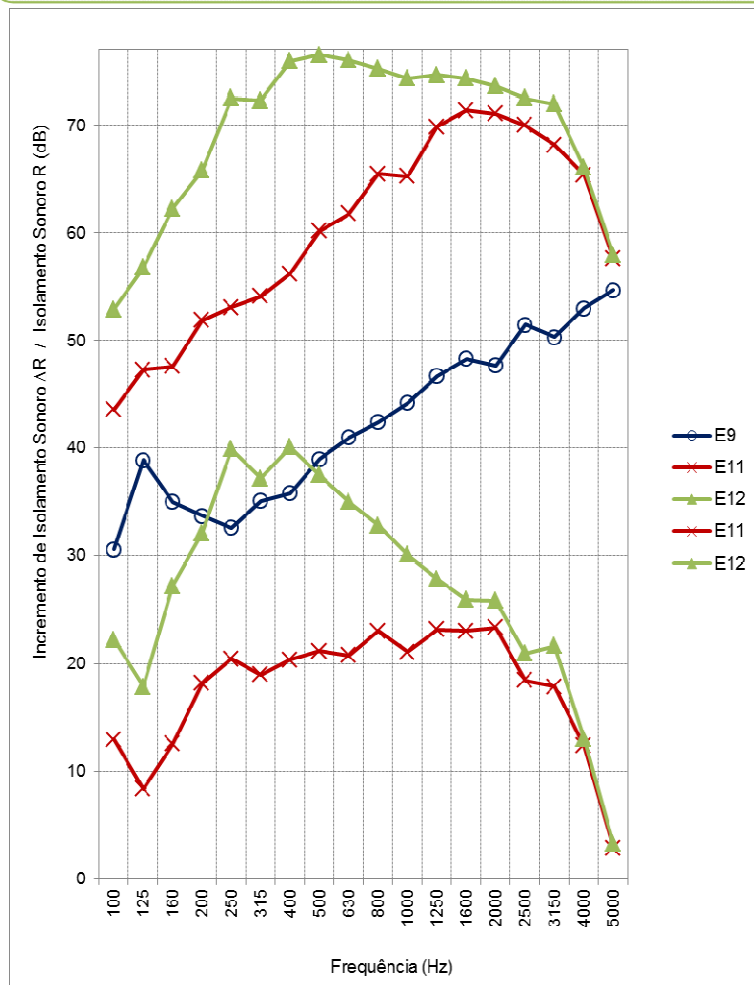
Soluções de reforço de paredes de alvenaria – Bloco térmico + ETICS com ICB 60mm

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

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



Alcançar soluções construtivas otimizadas - Paredes

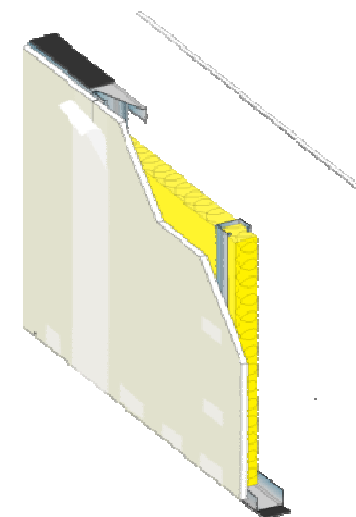


Soluções de **reforço de paredes de alvenaria** – Tijolo cerâmico 15cm + forra em gesso cartonado com isolamento

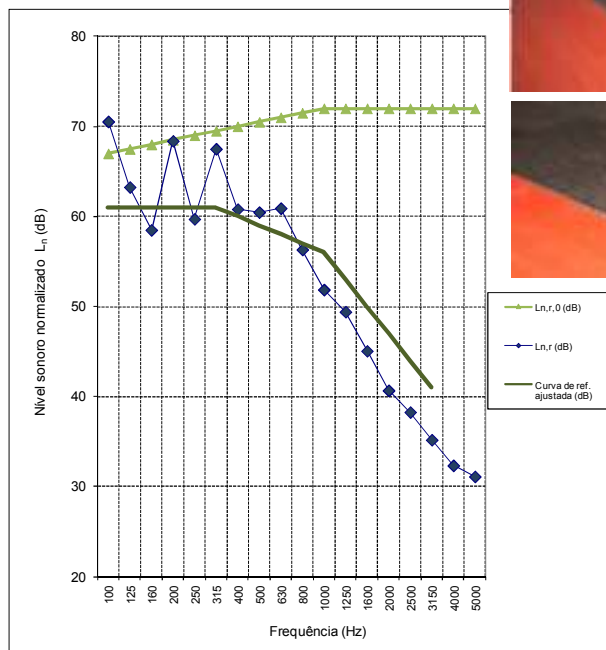
E9: parede rebocada, base: $R_w = 43\text{dB}$

E11: Lã 40mm + 2x15BA: $R_w = 63\text{dB}$ [$\Delta 20\text{dB}$]

E12: 2x(Lã 40mm + 2x15A): $R_w = 74\text{dB}$ [$\Delta 31\text{dB}$]



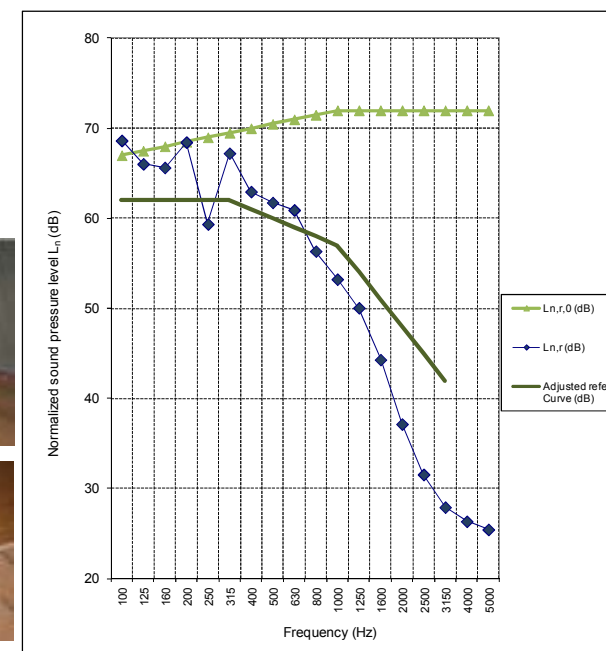
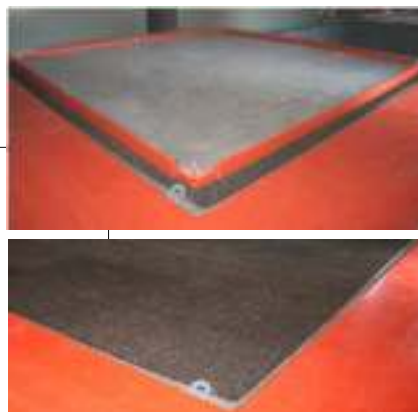
Alcançar soluções construtivas optimizadas - Pavimentos



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

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

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



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

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

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

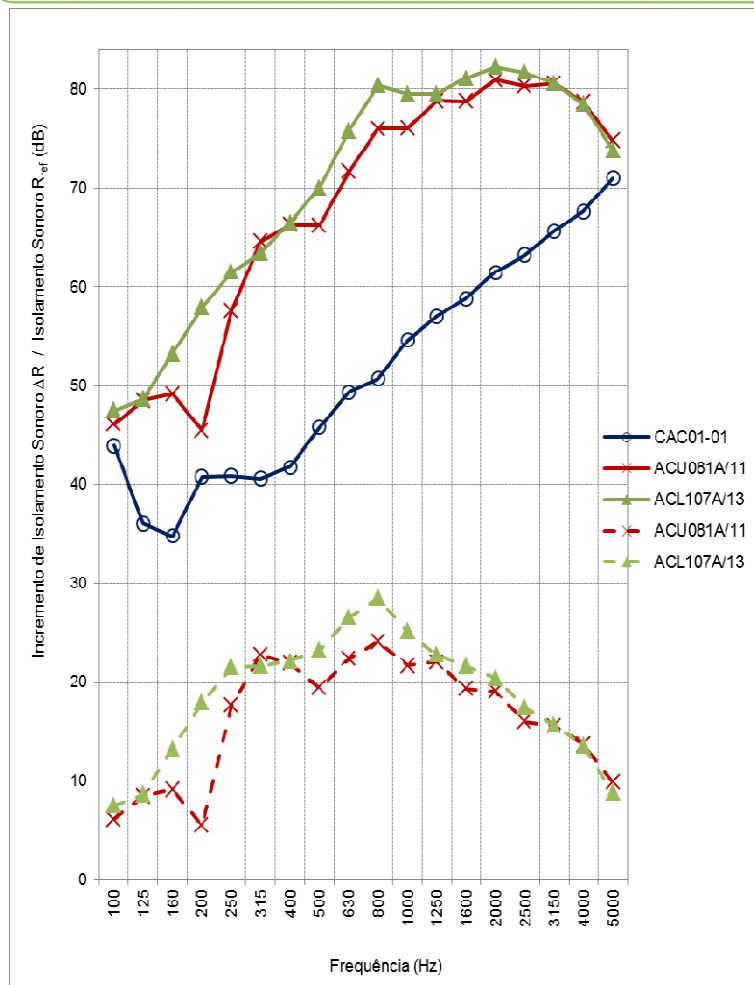


Inspeção, Debilidades e Optimização
DESEMPENHO ACÚSTICO

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Alcançar soluções construtivas optimizadas - Pavimentos



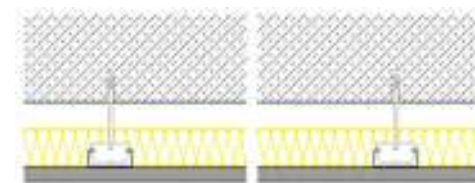
Soluções de **tectos para reforço de lajes** – Laje em betão armado 14cm (pav. ref.^a) + tecto em gesso cartonado com isolamento

SONS AÉREOS

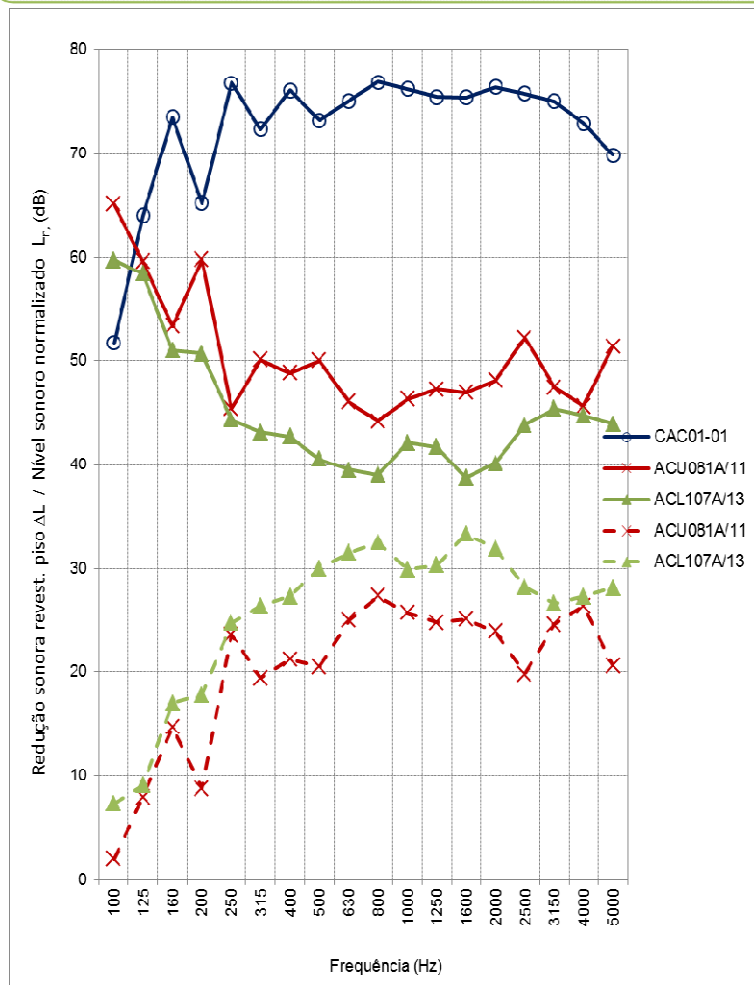
Pavimento base: $R_w = 51\text{dB}$

SEM apoios antivibráticos: $R_w = 66\text{dB}$ [$\Delta R_w 16\text{dB}$]

COM apoios antivibráticos: $R_w = 71\text{dB}$ [$\Delta R_w 19\text{dB}$]



Alcançar soluções construtivas otimizadas - Pavimentos



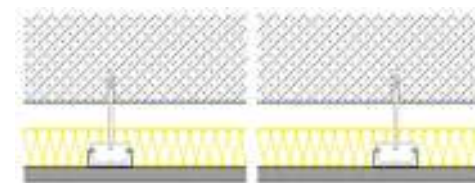
Soluções de **tectos para reforço de lajes** – Laje em betão armado 14cm (pav. ref.^a) + tecto em gesso cartonado com isolamento

SONS DE PERCUSSÃO

Pavimento base: $L_{n,w} = 82\text{dB}$

SEM apoios antivibráticos: $L_{n,r,w} = 57\text{dB}$ [ΔL_w 21dB]

COM apoios antivibráticos: $L_{n,r,w} = 52\text{dB}$ [ΔL_w 26dB]



Inspeção, Debilidades e Optimização
DESEMPENHO ACÚSTICO

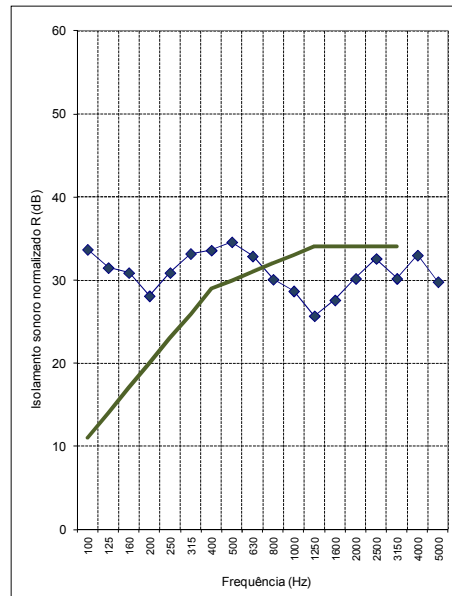
ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

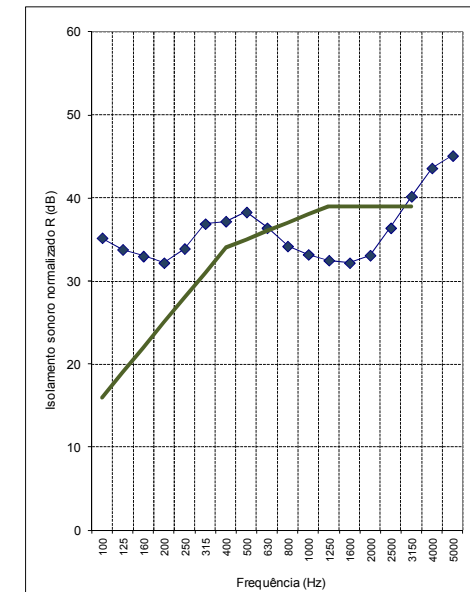
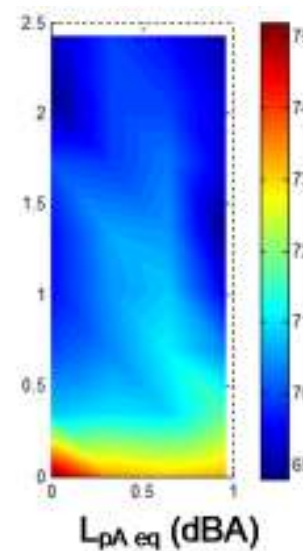
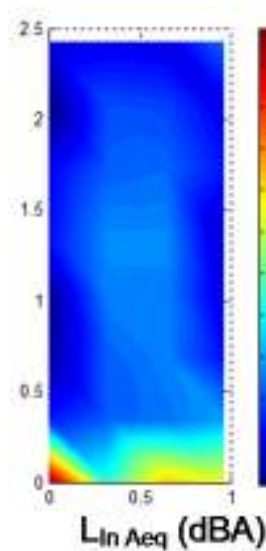
Alcançar soluções construtivas optimizadas - Portas



Porta madeira interior
(70mm)



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



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

Alcançar soluções construtivas optimizadas – Em obra: reabilitação / reconstrução

Verificação preliminar do desempenho acústico

- Selecção e **preparação** de compartimentos representativos
- **Ensaio**s de acústica de edifícios
 - Isolamento a sons aéreos, $D_{nT,w}$: na horizontal e vertical
 - Isolamento a sons de percussão, $L'_{nT,w}$: na horizontal e vertical
- Análise do desempenho das soluções face aos **requisitos do RRAE**



Inspeção, Debilidades e Optimização
DESEMPENHO ACÚSTICO

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção

Considerações finais

- Na generalidade, o panorama dos **edifícios novos** analisados revelou níveis de desempenho interessantes → Boas soluções construtivas aplicadas, embora com debilidades **pontuais**.
- No caso dos **edifícios existentes/reabilitados** onde se efectuaram medições acústicas, as debilidades são **mais frequentes**.
- Globalmente, os **requisitos regulamentares** estão ao alcance das soluções que temos disponíveis ou que podemos melhorar e reforçar.
- Sensibilização para a importância da **correcta aplicação** das soluções de reabilitação → Influência **decisiva** no desempenho alcançado.
- Técnicas de inspecção demonstraram aptidão para avaliação do desempenho e optimização das soluções construtivas.



Inspeção, Debilidades e Optimização
DESEMPENHO ACÚSTICO

ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento
Tecnológico em Ciências da Construção