



ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS

Adaptação e Reabilitação

Carlos faaiol
(IST)

Acústica de Edifícios

Adaptação e Reabilitação

índice temático:

I - nota introdutória _ aspectos regulamentares

II - isolamento sonoro:

- tema I _ fachadas*
- tema II _ elementos divisórios verticais*
- tema III _ elementos divisórios horizontais*
- tema IV _ coberturas*

III - tema V _ condicionamento acústico interno de recintos fechados

IV - tema VI _ materiais vs. soluções construtivas em edifícios

Acústica de Edifícios

Adaptação e Reabilitação

*na adaptação e/ou reabilitação acústica de edifícios,
as questões mais relevantes a tratar prendem-se, normalmente, com:*

- I - o isolamento sonoro das fachadas;
- II - o isolamento sonoro entre fogos (/ compartimentos);
- III - o isolamento sonoro entre fogos e locais de 'serviços'
(de comércio, indústria, serviços, diversão);
- IV – o condicionamento acústico interno de espaços públicos;
- IV - o ruído de equipamentos

Acústica de Edifícios

Adaptação e Reabilitação

regulamentação:

- Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

[D.L. 96/2008, de 9 de Junho]

O RRAE estabelece os requisitos acústicos dos edifícios, com vista a melhorar as suas condições de qualidade acústica

- Regulamento Geral do Ruído

[D.L. 9/2007, de 17 de Janeiro]

O RGR estabelece o regime de prevenção e controlo de poluição sonora, visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações

Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

aplica-se:

à construção, reconstrução, ampliação ou alteração dos seguintes tipos de edifícios:

- i - Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras;
- ii - Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais;
- iii - Edifícios escolares e similares, e de investigação;
- iv - Edifícios hospitalares e similares;
- v - Recintos desportivos;
- vi - Estações de transporte de passageiros;
- vii - Auditórios e salas.

Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

específica:

para cada caso, conforme aplicável, os valores mínimos consensuais dos seguintes tipos de parâmetros:

- isolamento sonoro a sons de transmissão aérea (DnT, w)
- isolamento sonoro a sons de percussão ($L'nT, w$)
- tempo de reverberação (Tr)
(condicionamento acústico interno dos espaços)
- níveis máximos admissíveis de ruído no interior das instalações (LAr)

tema I

fachadas

(elementos de fachada)

I – Isolamento sonoro de fachada

I.i dos requisitos regulamentares

- Edifícios habitacionais e mistos, unidades hoteleiras, edifícios escolares e edifícios hospitalares:
 - i) $D_{2m,nT,w} \geq 33$ dB, em ‘zonas mistas’ (...),
 - ii) $D_{2m,nT,w} \geq 28$ dB, em ‘zonas sensíveis’ (...)
 - Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras, se em zonas urbanas consolidadas:
 - i') $D_{2m,nT,w} \geq 33 + 3$ dB ≥ 36 dB, em ‘zonas mistas’ (...),
 - ii') $D_{2m,nT,w} \geq 28 + 3$ dB ≥ 31 dB, em ‘zonas sensíveis’ (...)
- Edifícios comerciais e de serviços:
 - i) $D_{2m,nT,w} \geq 30$ dB, para os escritórios,
 - ii) $D_{2m,nT,w} \geq 25$ dB, p/ recintos públicos de restauração e refeitórios

I – Isolamento sonoro de fachada

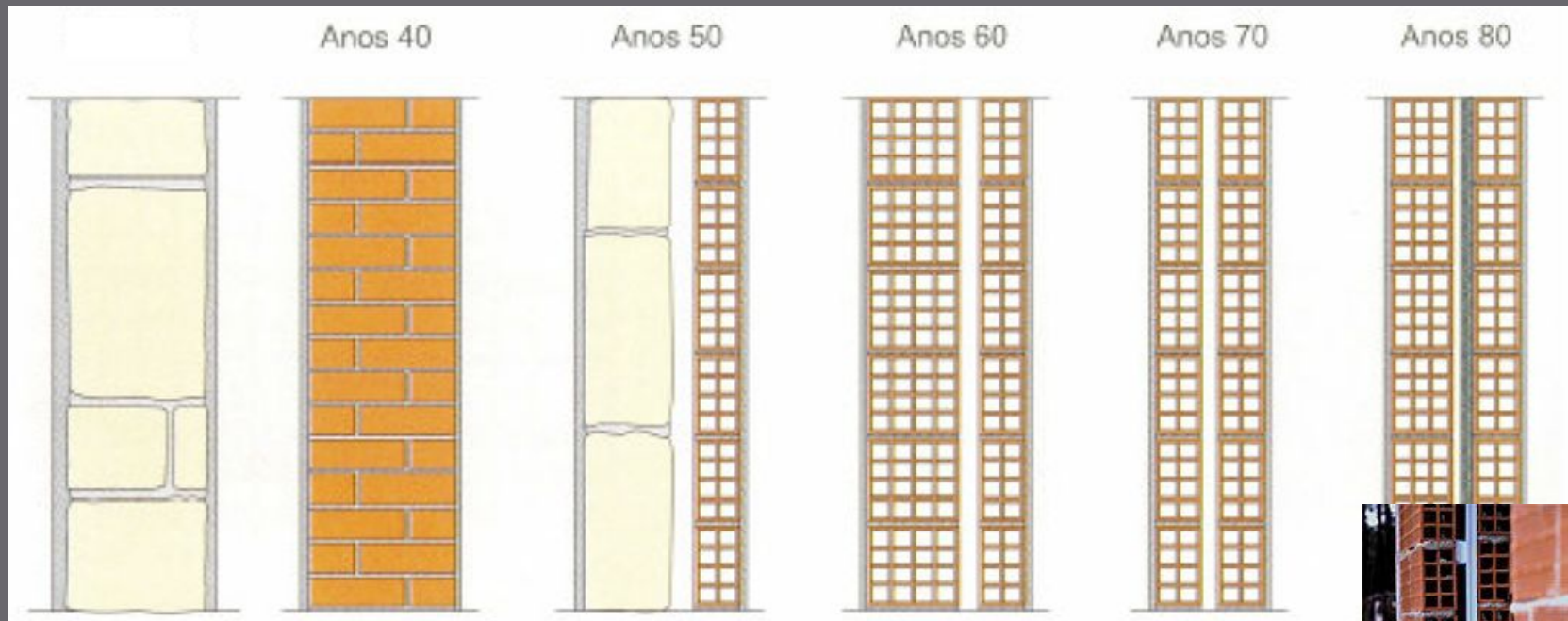
I.ii. das soluções construtivas

principais elementos que condicionam o isolamento sonoro de fachada:

- paredes exteriores (parte opaca),
geralmente constituídas por alvenaria de pedra e/ou de tijolo
 - vãos de janela,
geralmente dotados com caixilharia de madeira, com vidros finos, simples
 - vãos de porta,
geralmente em madeira maciça
 - aberturas de ventilação natural

elementos de fachada: soluções construtivas

evolução típica das **paredes exteriores** em Portugal



paredes alv. dupla \Rightarrow $R_w \approx 55 \sim 65$ dB



elementos de fachada: soluções construtivas

vãos de janela

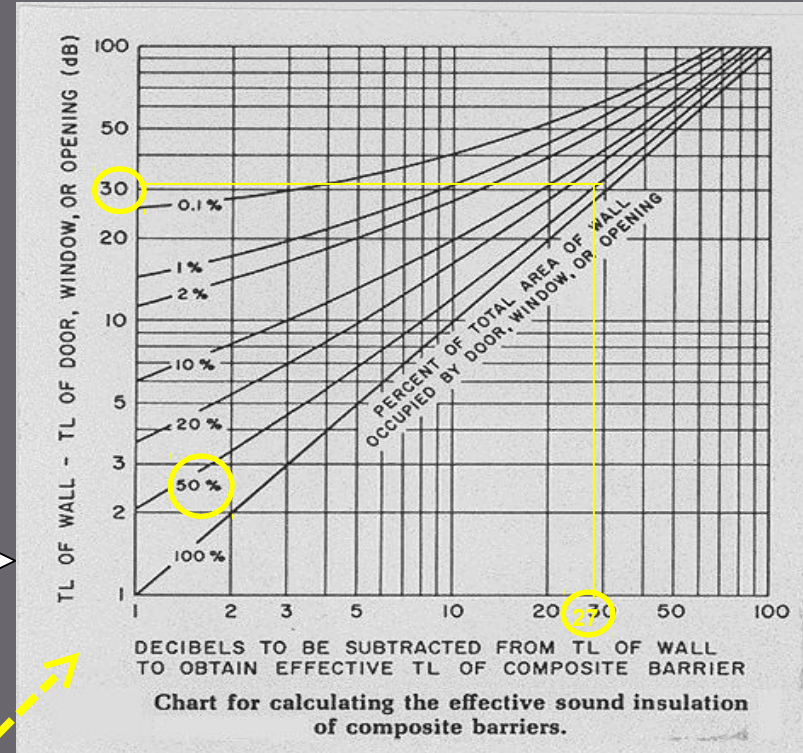
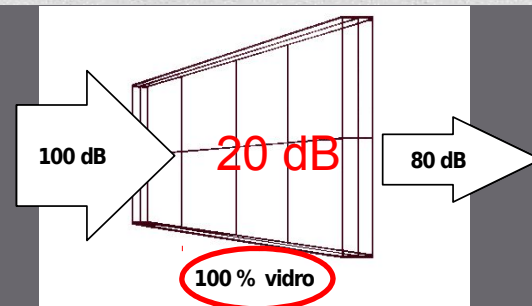
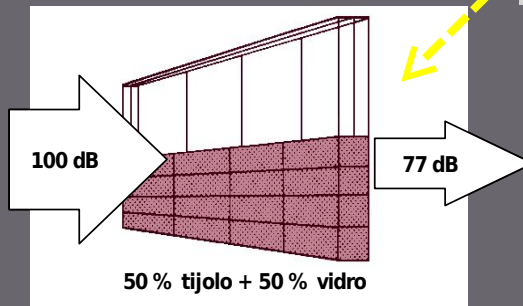
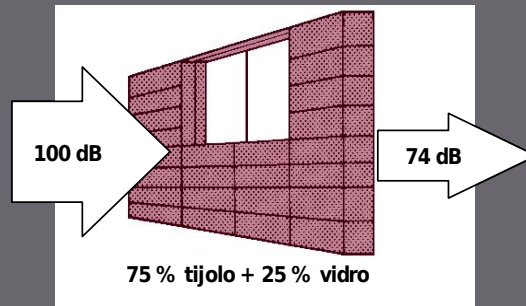
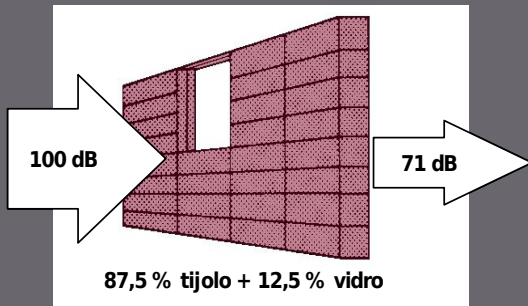
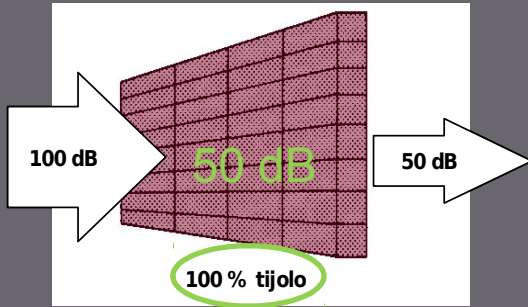


janelas caixilharia madeira vidro simples ⇒ $R_w \approx 20 \sim 30$ dB

janelas caixilharia vidro duplo c/ vedante frincha ⇒ $R_w \approx 25 \sim 35$ dB

isolamento sonoro de divisórias de elementos compostos

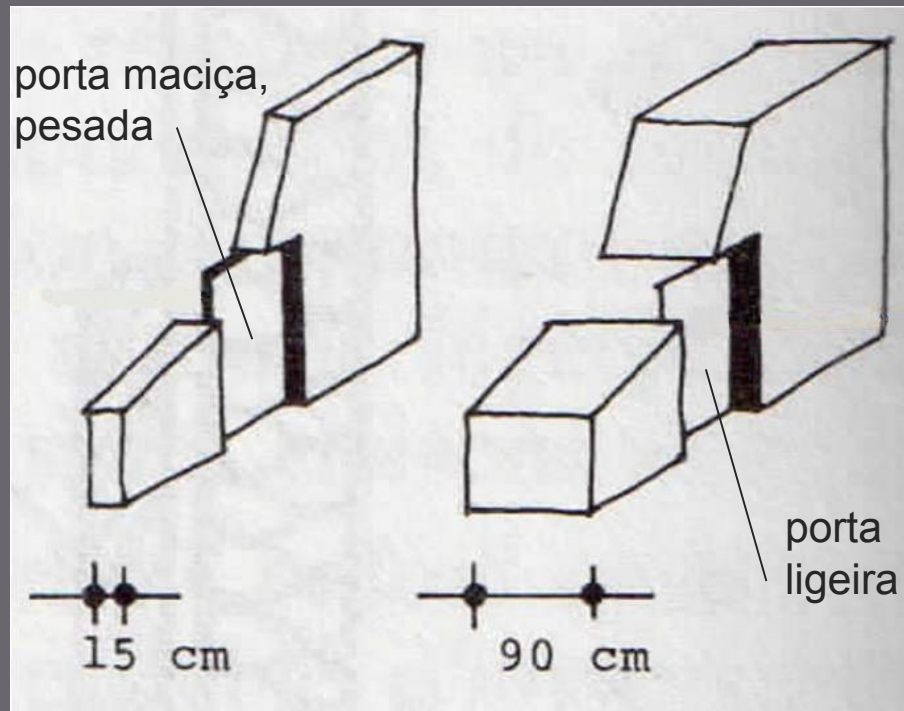
ex: parede alvenaria & vão envidraçado



isolamento sonoro de divisórias de elementos compostos ex: paredes fachada & vãos de porta

∴ um corolário importante do conceito atrás exposto resulta na equivalência das duas soluções abaixo ilustradas

∴



vãos de janela

- vidros
 - vidros simples
 - vidros duplos (soluções comerciais)
 - afastamento entre panos de vidro // duplo pano de vidro

- caixilharias
 - caixilharia simples
 - dupla // múltipla caixilharia
 - de batente
 - de correr
 - de guilhotina
 - madeira
 - alumínio
 - PVC
 - vedantes de frincha

- caixas de estore

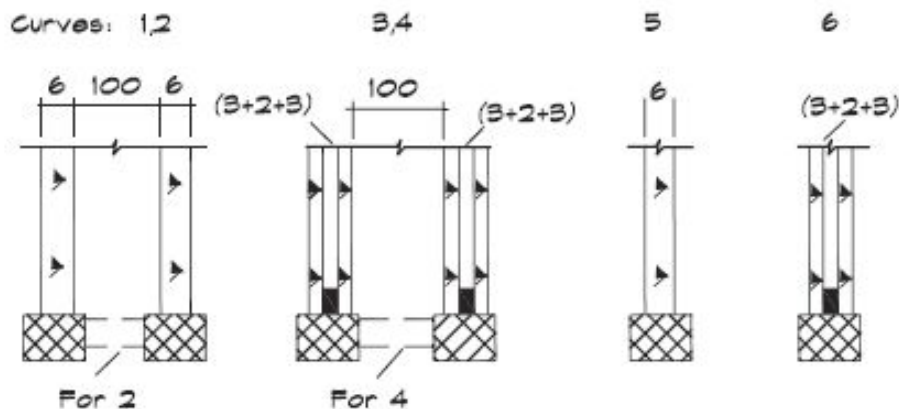
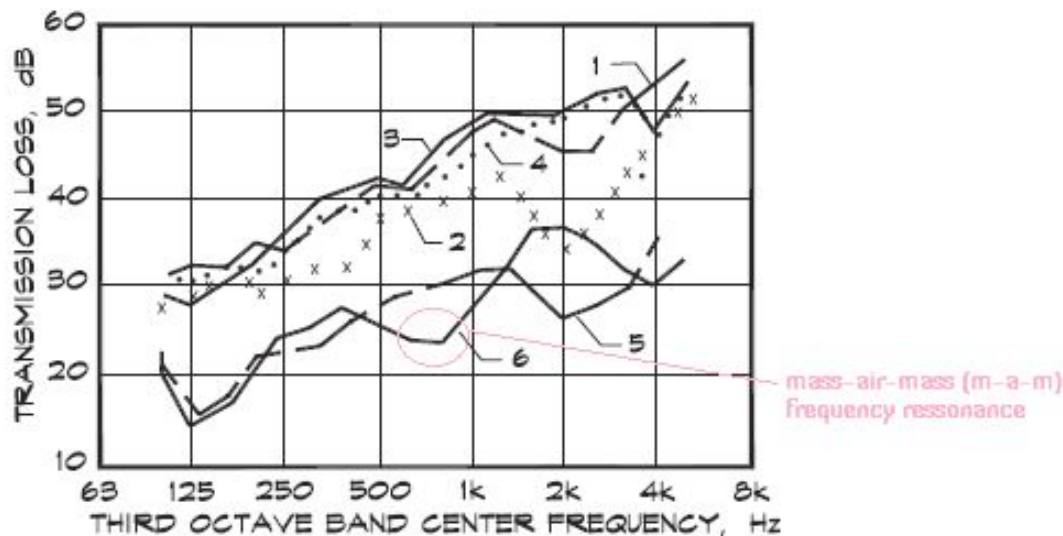
vidros e caixilharias

redução sonora
de diversas
configurações de
elementos
envidraçados

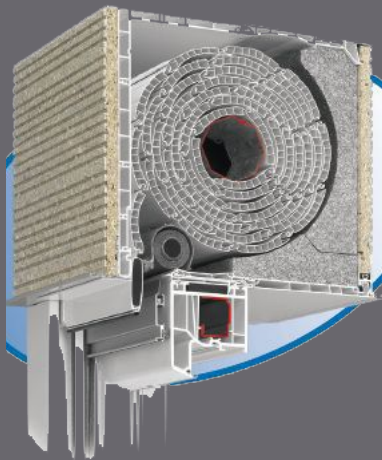
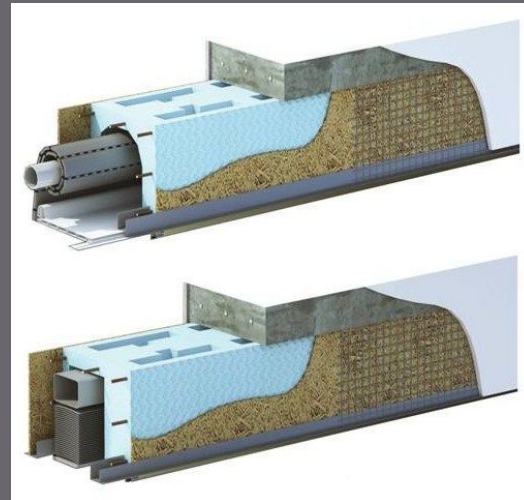
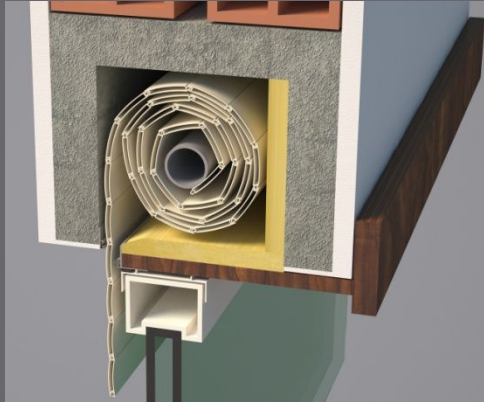
montagem em
caixilharias:
- interligadas e
- independentes

Transmission Loss of Various Glazing Configurations (Vinokur, 1996)

Curves 1 and 3 describe separate panels. Curves 2 and 4 were obtained from units with rigidly interconnected frames.

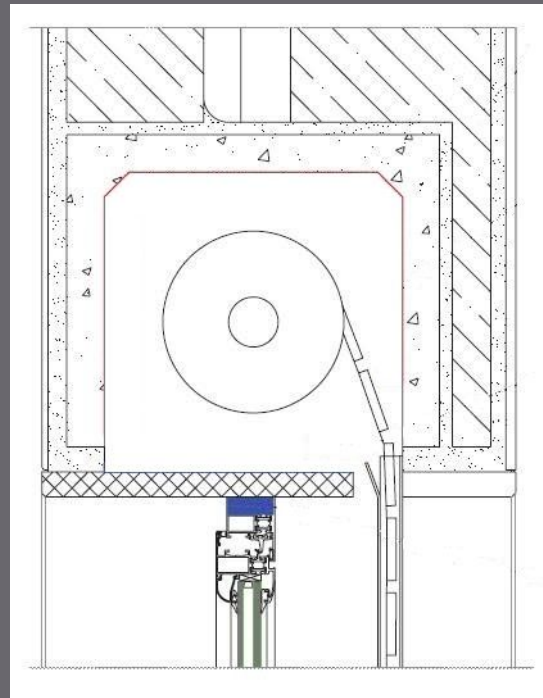


caixas de estore



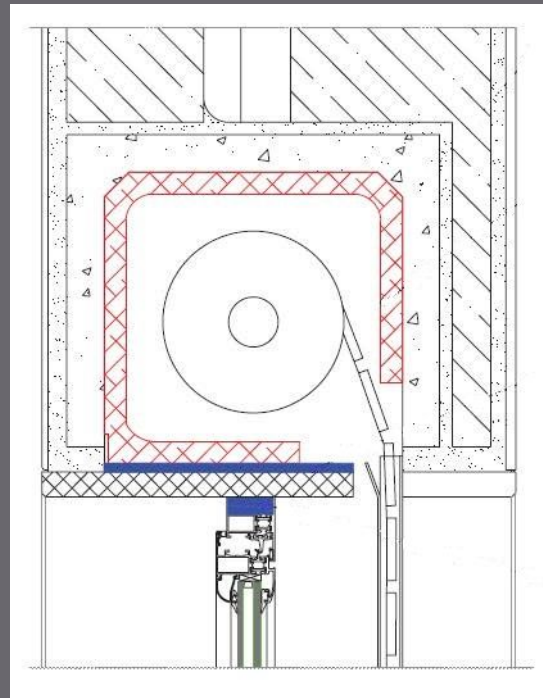
caixas de estore

- solução construtiva inicial



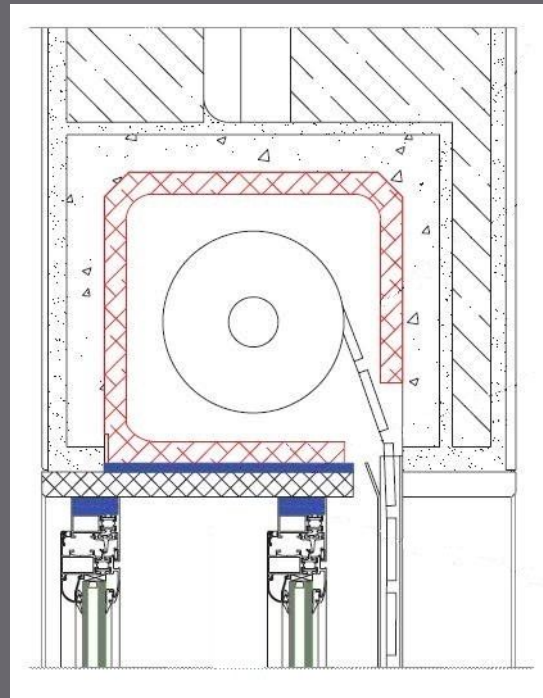
caixas de estore

- reforço de isolamento sonoro
- solução de nível 1



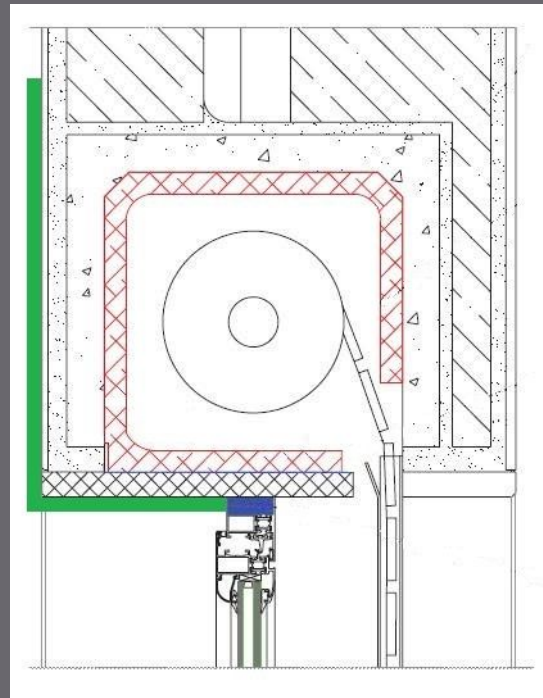
caixas de estore

- reforço de isolamento sonoro
- solução de nível 2



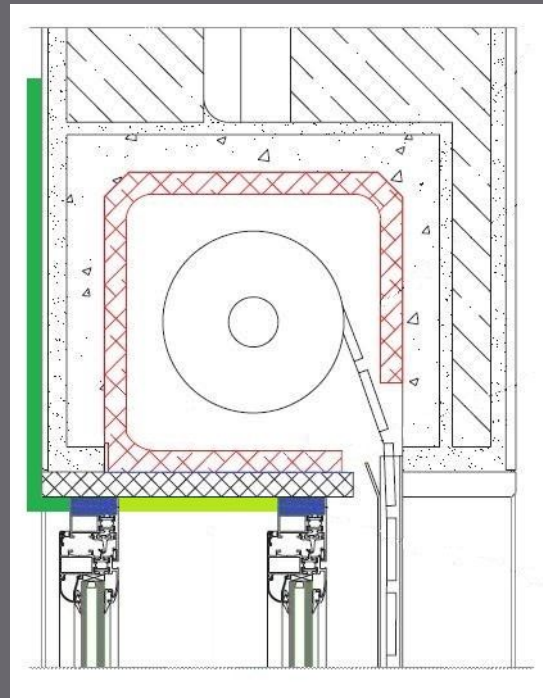
caixas de estore

- reforço de isolamento sonoro
- solução alternativa de nível 1



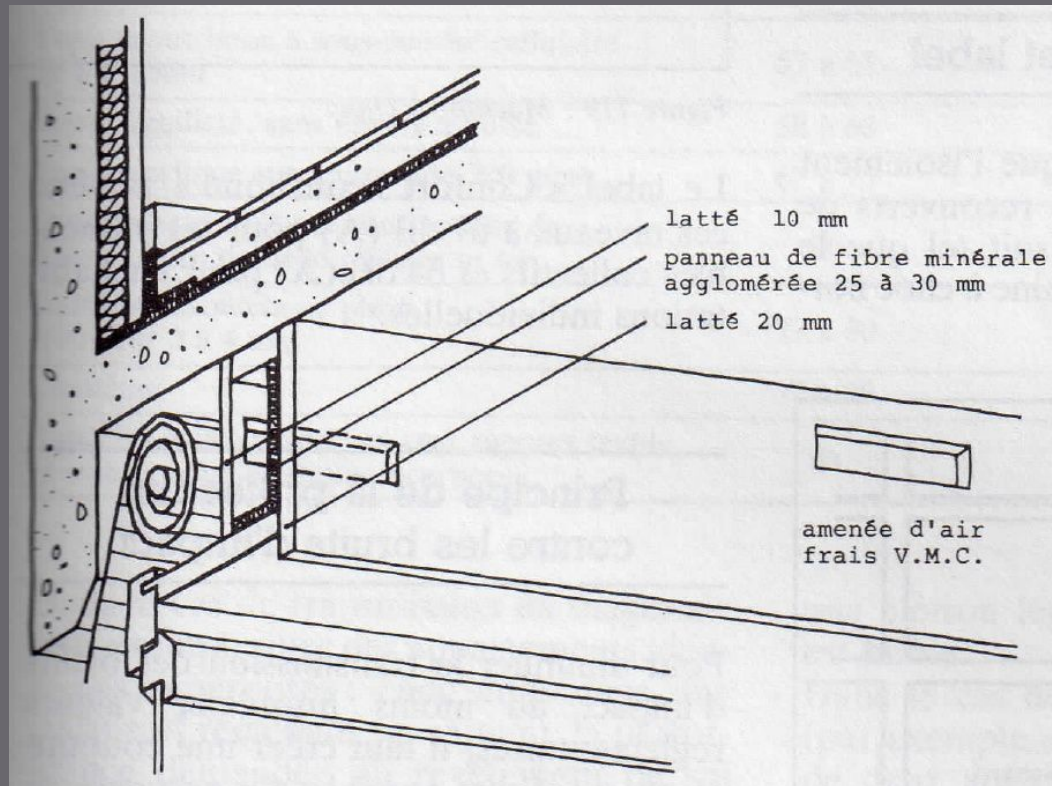
caixas de estore

- reforço de isolamento sonoro
- solução alternativa de nível 2



caixas de estore

- reforço de isolamento sonoro
- solução alternativa c/ ventilação



II – Isolamento sonoro entre ‘fogos’ e/ou ‘espaços’ c/ usos diferenciados

II.i dos requisitos regulamentares

- Entre fogos [Habitação]:

$$DnT,w \geq 50 \text{ dB} ; \quad LnT,w \leq 60 \text{ dB},$$

- Entre fogos [Habitação] e locais de comércio, indústria, serviços e diversão:

$$DnT,w \geq 58 \text{ dB} ; \quad LnT,w \leq 50 \text{ dB},$$

- Nos edifícios Escolares e Hospitalares:

$$DnT,w \geq 45-58 \text{ dB} ; \quad LnT,w \leq 65-60 \text{ dB}$$

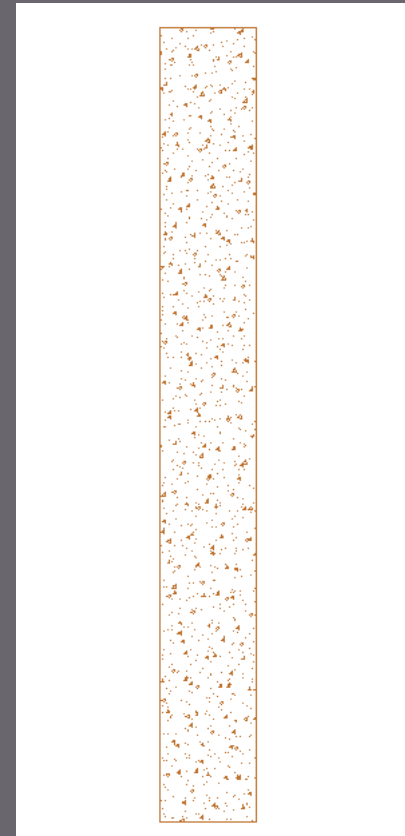
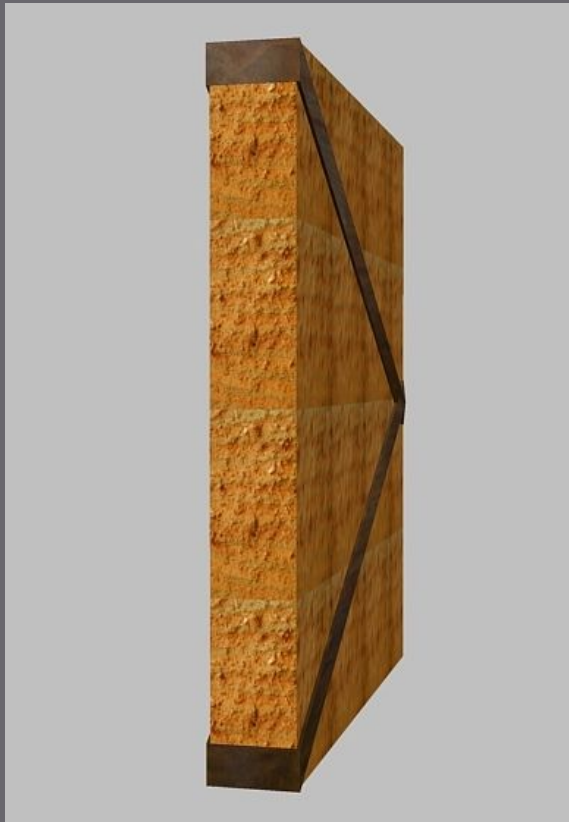
tema II

elementos divisórios verticais

paredes internas

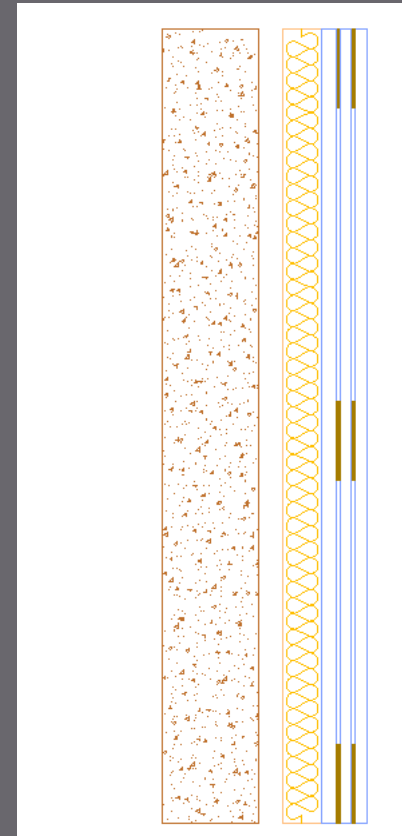
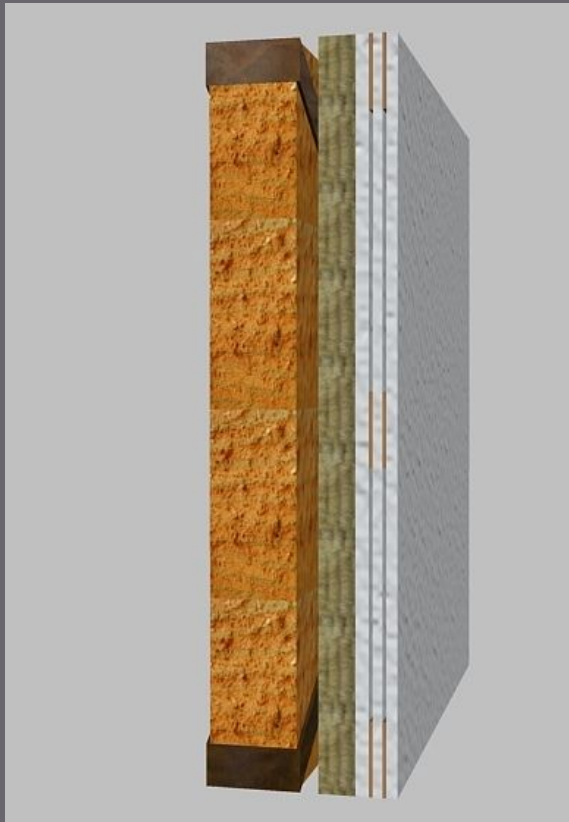
situações exemplificativas:

- adaptação e reabilitação de espaços existentes
 - reforço de isolamento sonoro de paredes



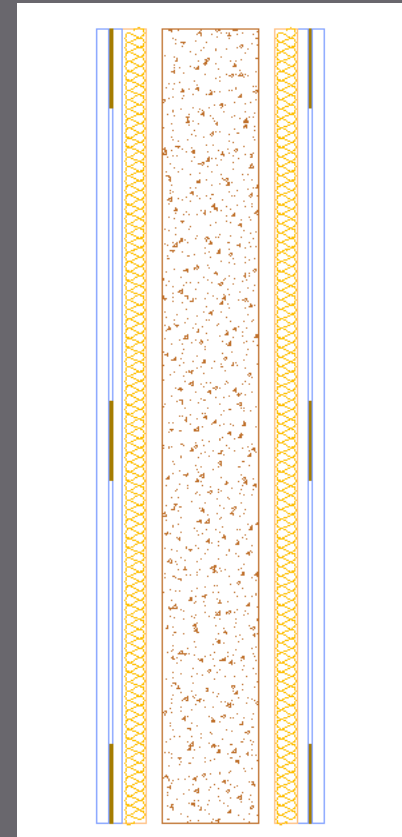
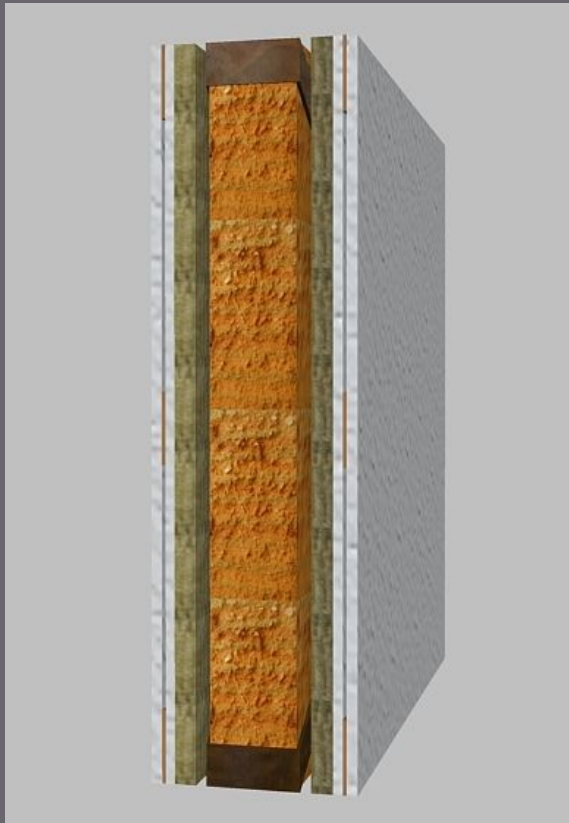
situações exemplificativas:

- adaptação e reabilitação de espaços existentes
 - reforço de isolamento sonoro de paredes



situações exemplificativas:

- adaptação e reabilitação de espaços existentes
 - reforço de isolamento sonoro de paredes



- adaptação e reabilitação de espaços existentes

– reforço de isolamento sonoro de paredes

(salas de aula musical _ Escola de Música - Lisboa)



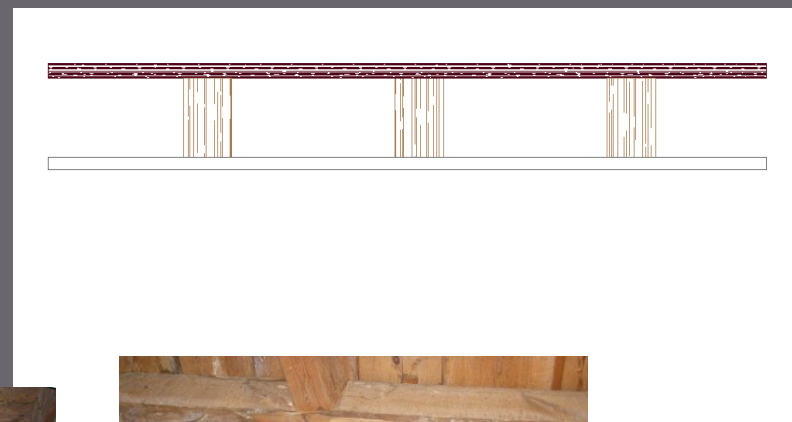
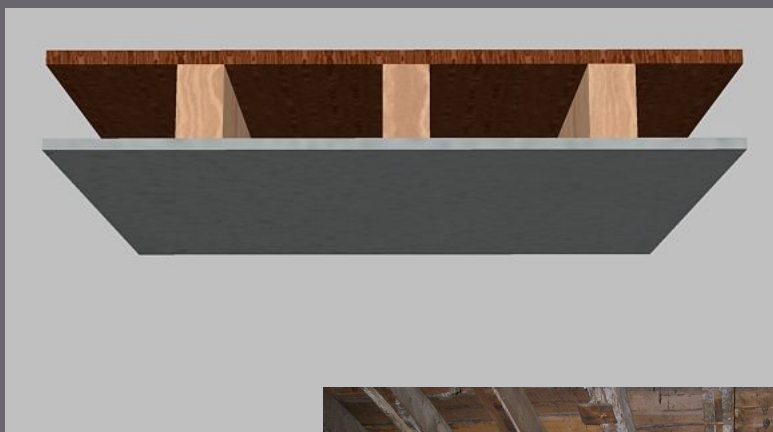
tema III

elementos divisórios horizontais

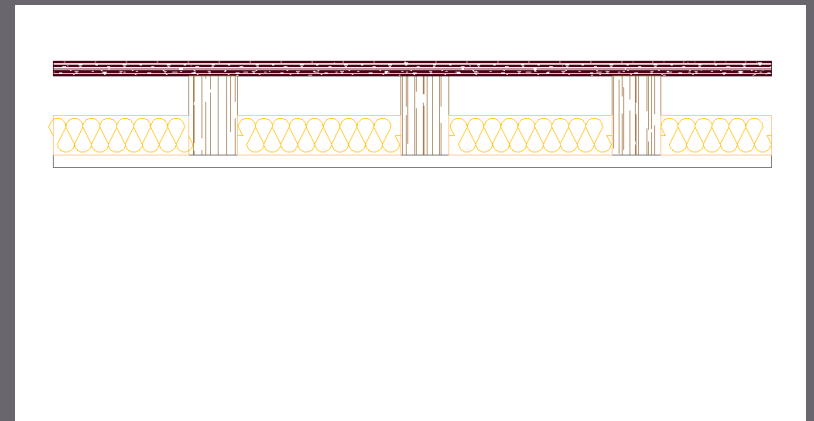
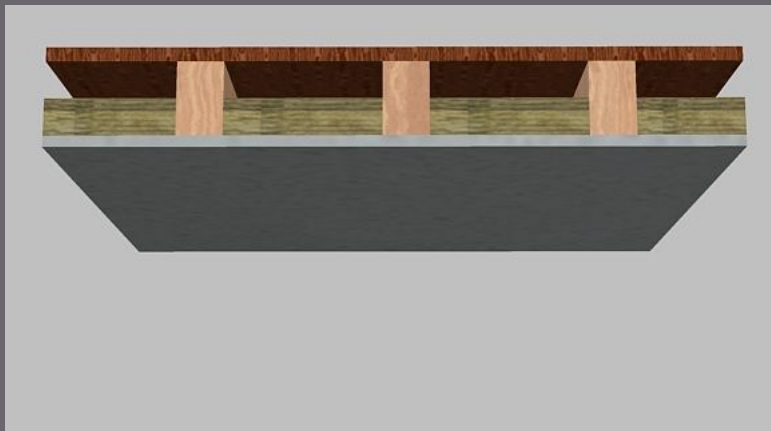
lajes e pavimentos

- adaptação e reabilitação de espaços existentes

– reforço de isolamento sonoro de pavimentos

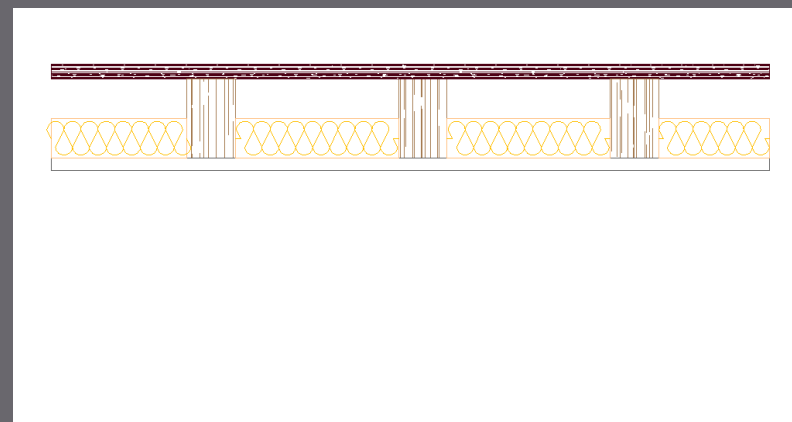
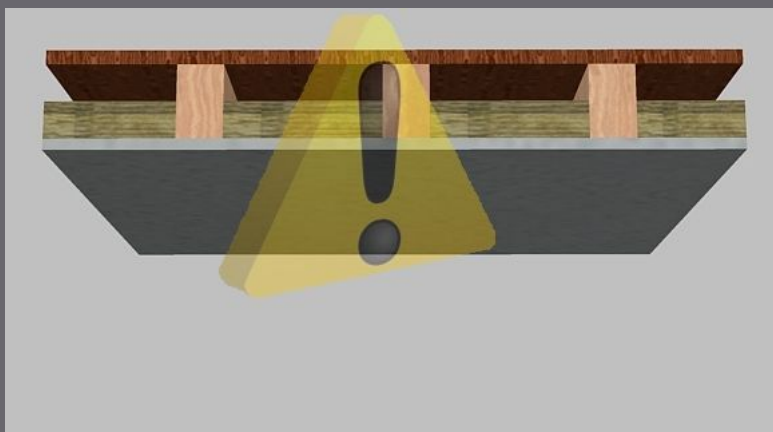


- adaptação e reabilitação de espaços existentes
 - reforço de isolamento sonoro de pavimentos



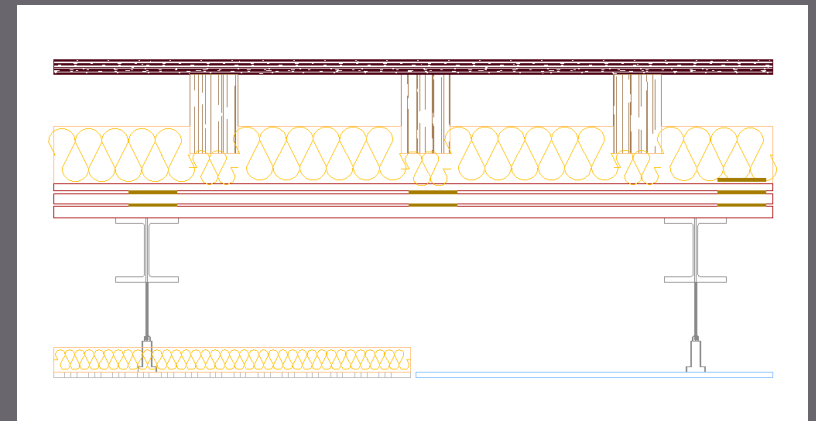
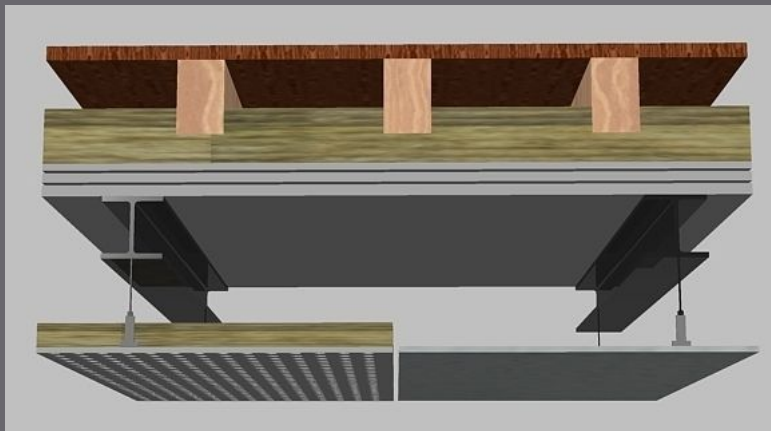
- adaptação e reabilitação de espaços existentes

– reforço de isolamento sonoro de pavimentos



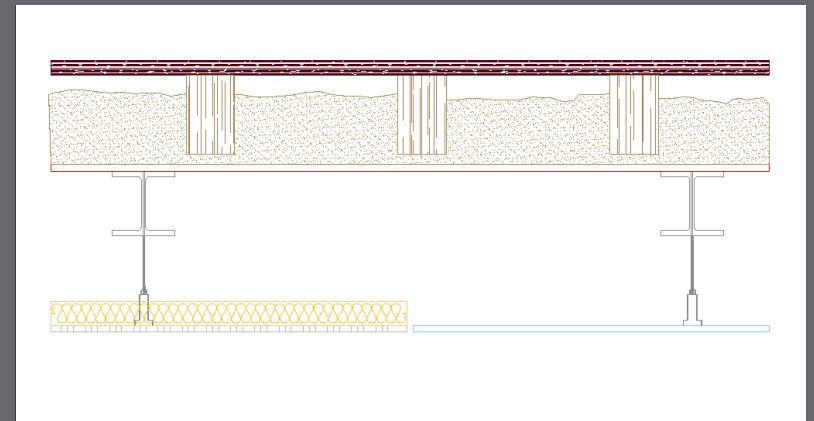
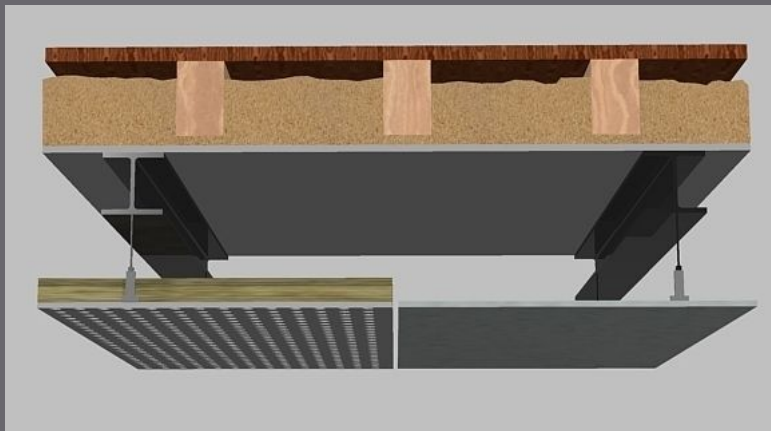
- adaptação e reabilitação de espaços existentes

– reforço de isolamento sonoro de pavimentos



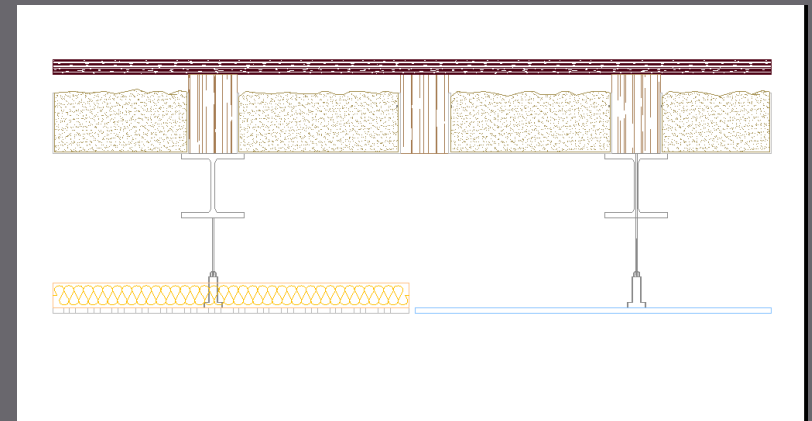
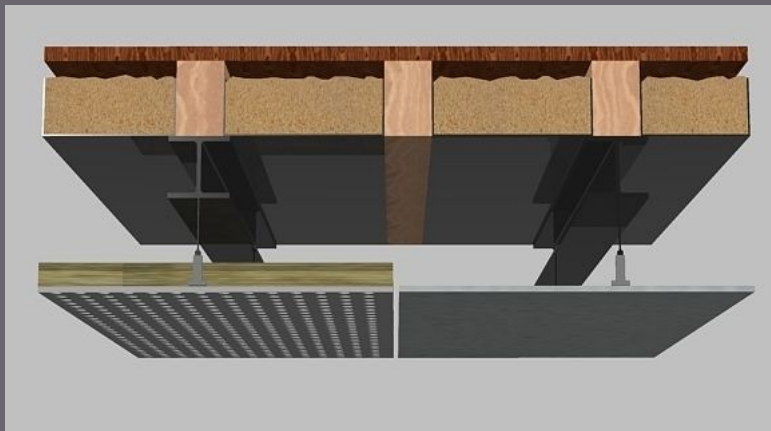
- adaptação e reabilitação de espaços existentes

– reforço de isolamento sonoro de pavimentos



- adaptação e reabilitação de espaços existentes

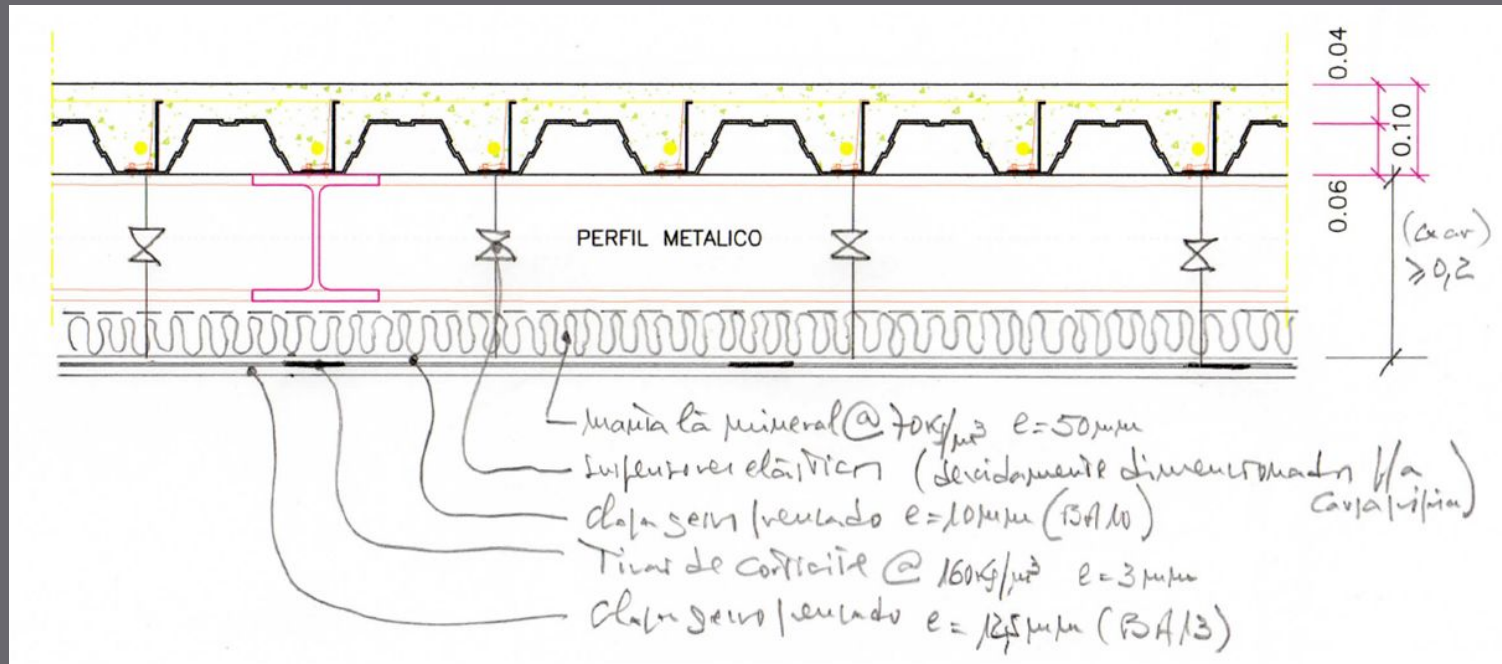
– reforço de isolamento sonoro de pavimentos



- adaptação e reabilitação de espaços existentes

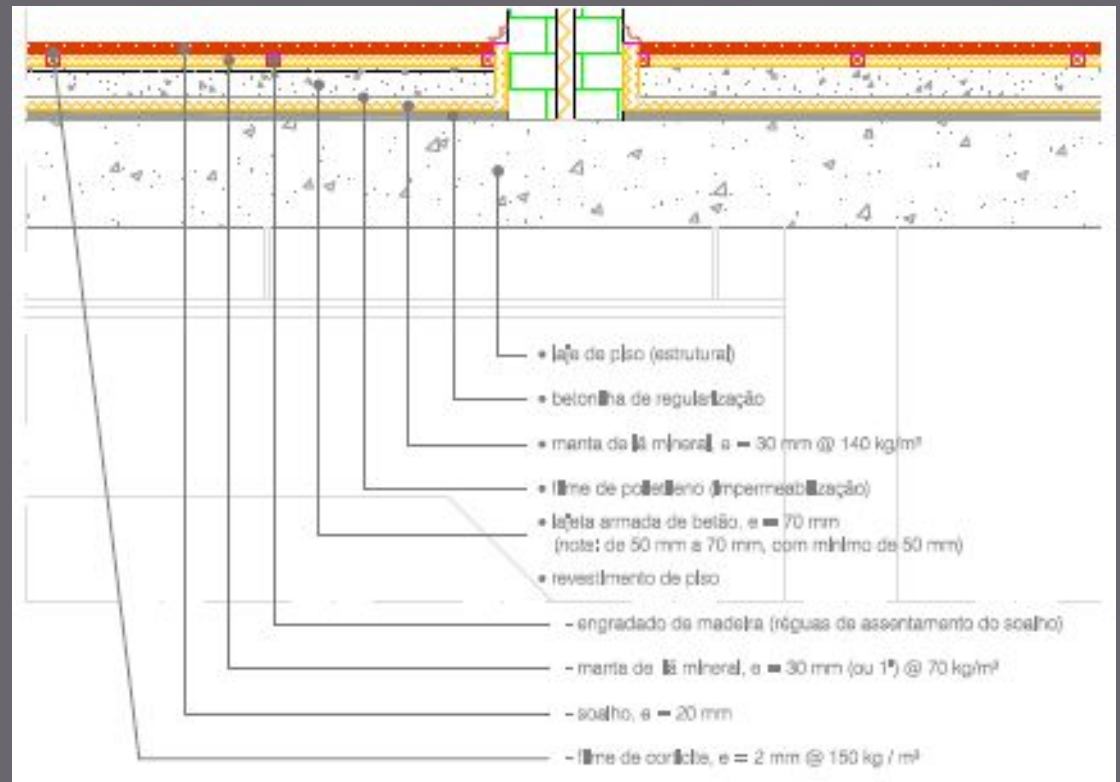
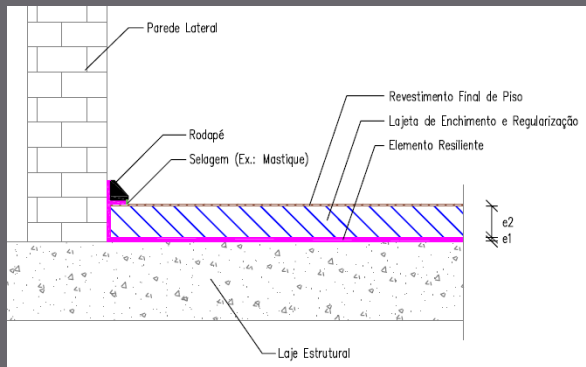
– reforço de isolamento sonoro de laje de pavimento

laje colaborante _ edif. Cine-teatro - Almada



- adaptação e reabilitação de espaços existentes

– reforço de isolamento sonoro de pavimentos / minimização do ruído de impacto



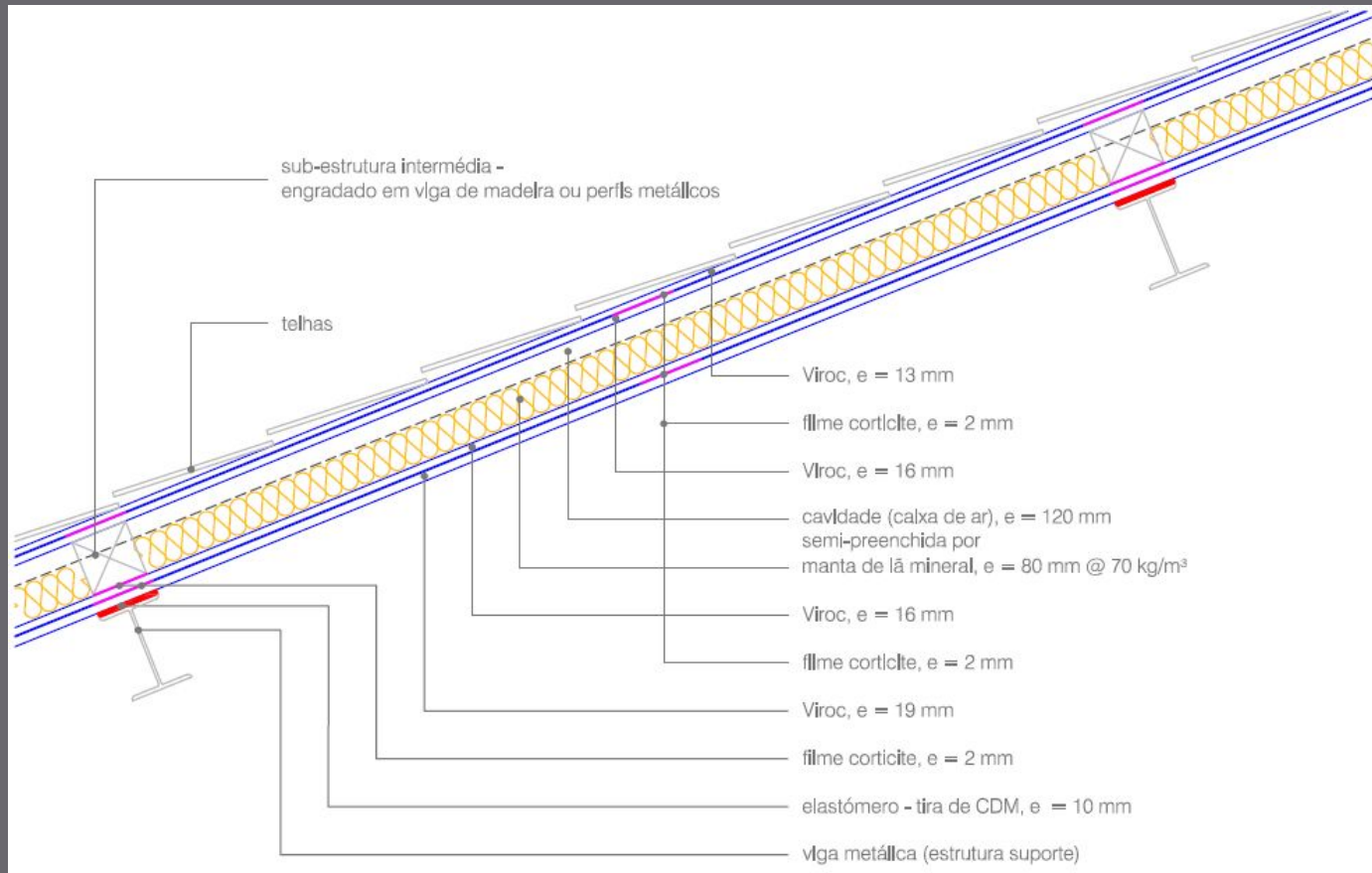
tema IV

coberturas

- adaptação e reabilitação de espaços existentes

– reforço de isolamento sonoro de cobertura

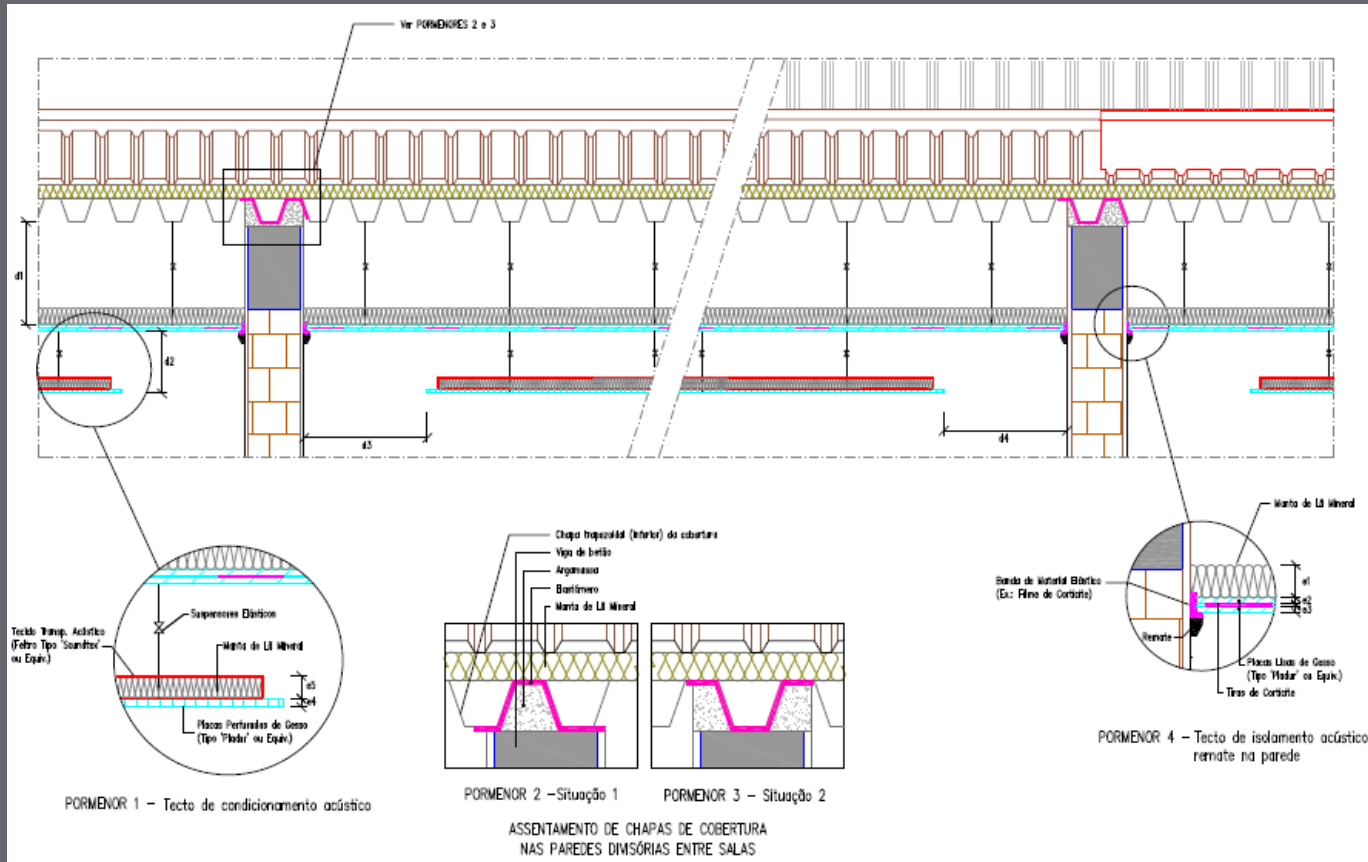
(Torre de Cena - Cine-teatro _ Almada)



- adaptação e reabilitação de espaços existentes

– reforço de isolamento sonoro de cobertura

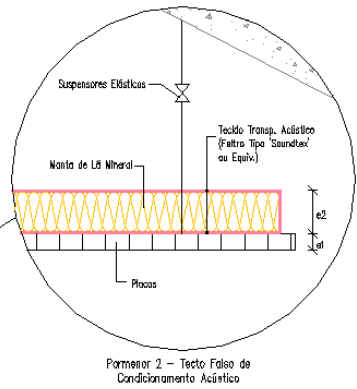
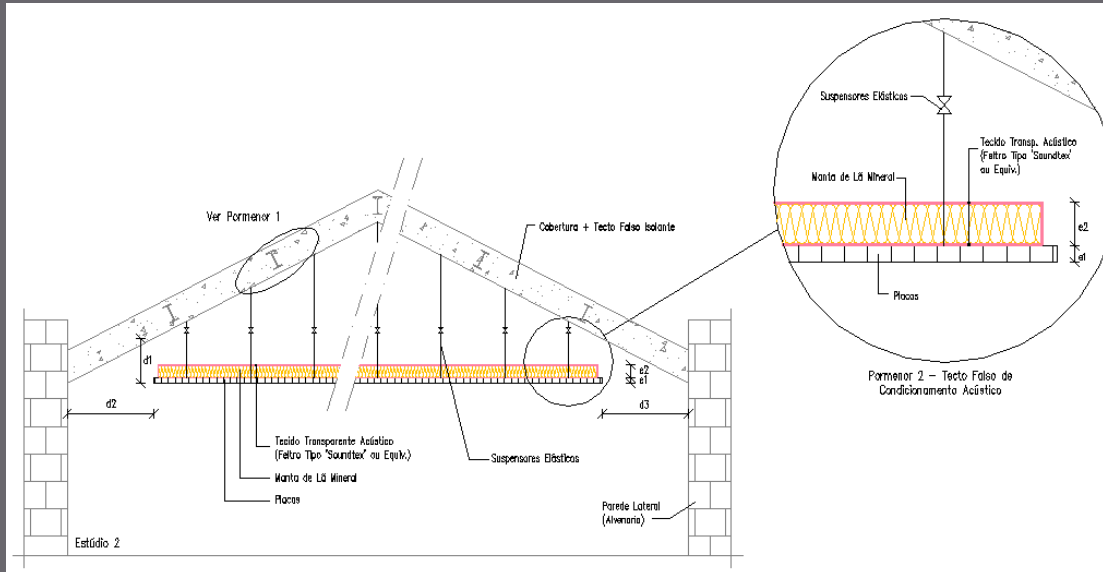
(Escola - Aveiro)



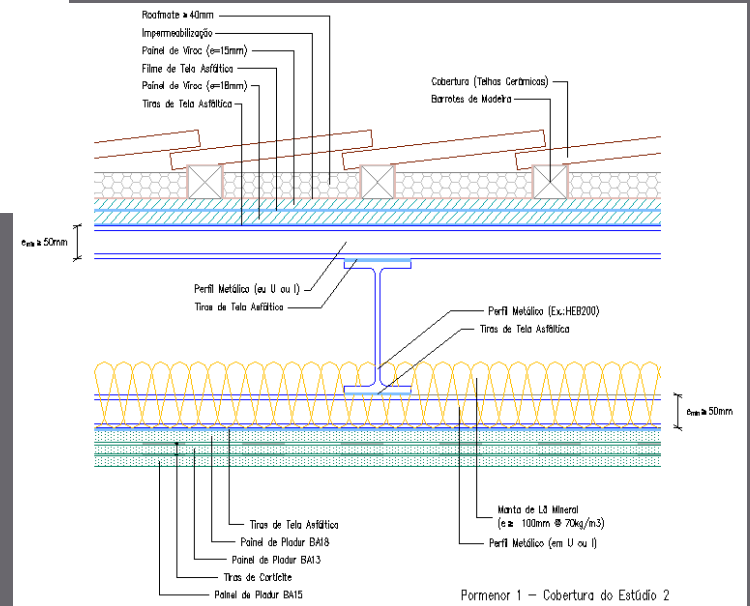
- adaptação e reabilitação de espaços existentes

– reforço de isolamento sonoro de cobertura

(Escola de Dança- Lisboa)



Pormenor 2 – Tecto Falso de Condicionamento Acústico



Pormenor 1 – Cobertura do Estúdio 2

tema V

condicionamento acústico interno

(ambiente acústico em recintos ‘fechados’)

III – Tempo de Reverberação

III.i dos requisitos regulamentares

- Escritórios [$V \geq 100 \text{ m}^3$], Refeitórios ou Recintos Públicos de Restauração:

$$T \leq 0,15 * V^{1/3} \text{ [s]},$$

- Salas de Aula, Bibliotecas, Salas Polivalentes, Refeitórios e Ginásios(*):

$$T \leq 0,15 * V^{1/3} \text{ [s]},$$

$$T \leq 0,12 * V^{1/3} \text{ [s]}, \text{ c/ difusão de mensagens sonoras}$$

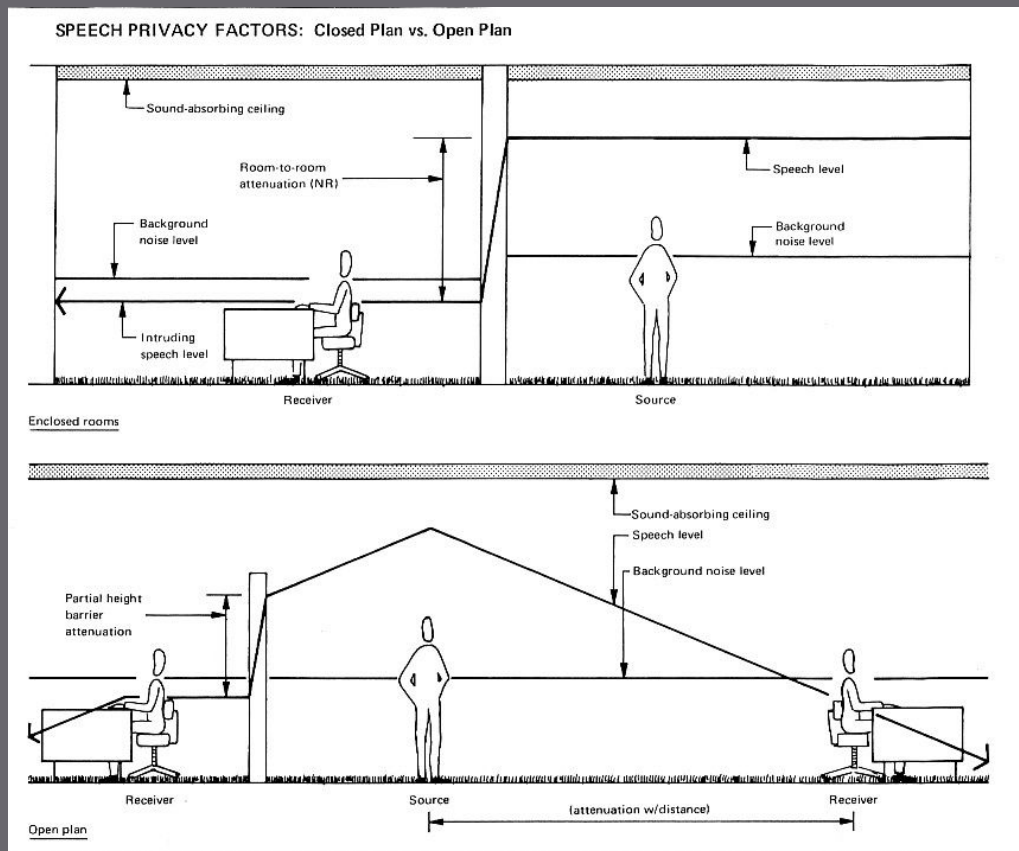
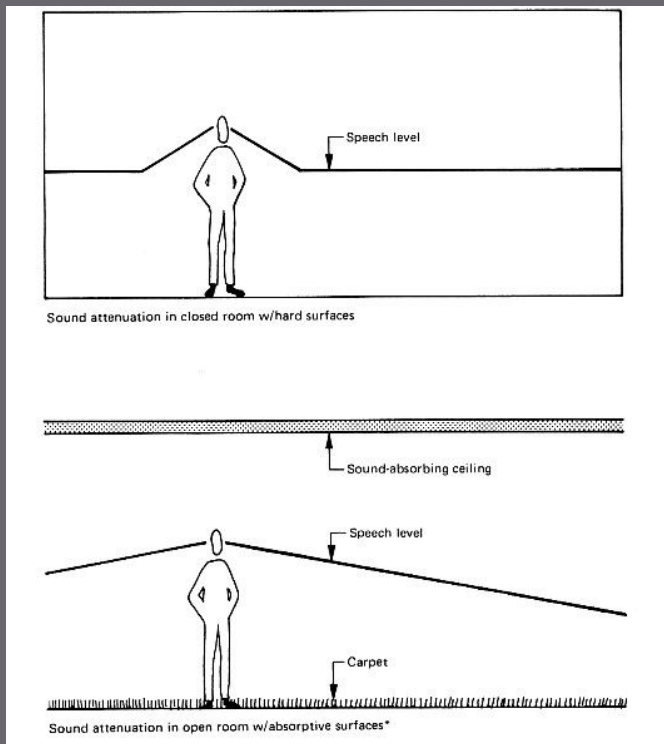
- Enfermarias [$V \geq 100 \text{ m}^3$], Refeitórios, Átrios e Salas de Espera (*):

$$T \leq 0,15 * V^{1/3} \text{ [s]},$$

$$(*) T \leq 0,12 * V^{1/3} \text{ [s]}, \text{ c/ difusão de mensagens sonoras}$$

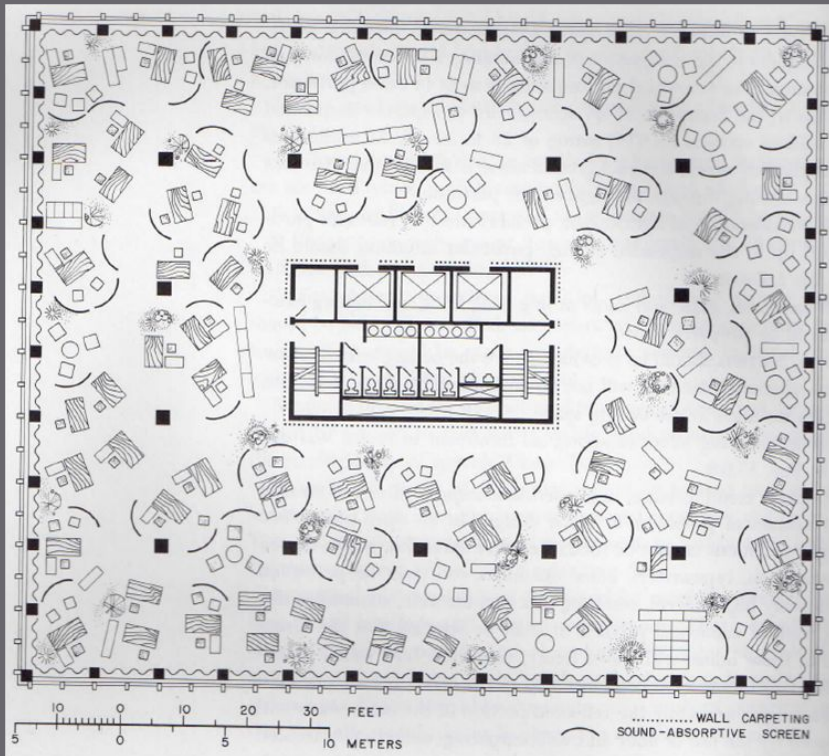
- salas de trabalho 'fechadas' / 'open spaces'

– condicionamento acústico interno / ruído & 'privacidade'



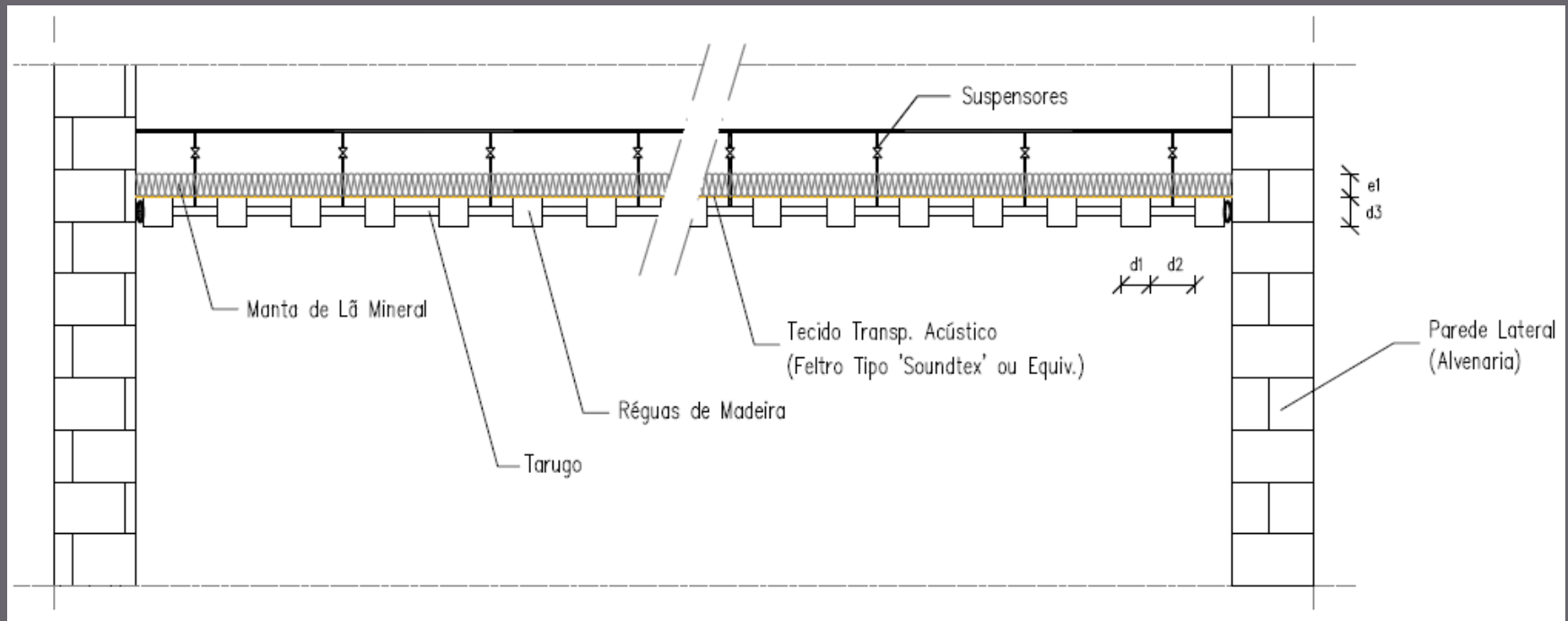
- áreas de escritórios em regime 'open space'

– condicionamento acústico interno _ contolo de ruído / 'privacidade'



- adaptação e reabilitação de espaços existentes – condicionamento acústico interno - ginásio escolar

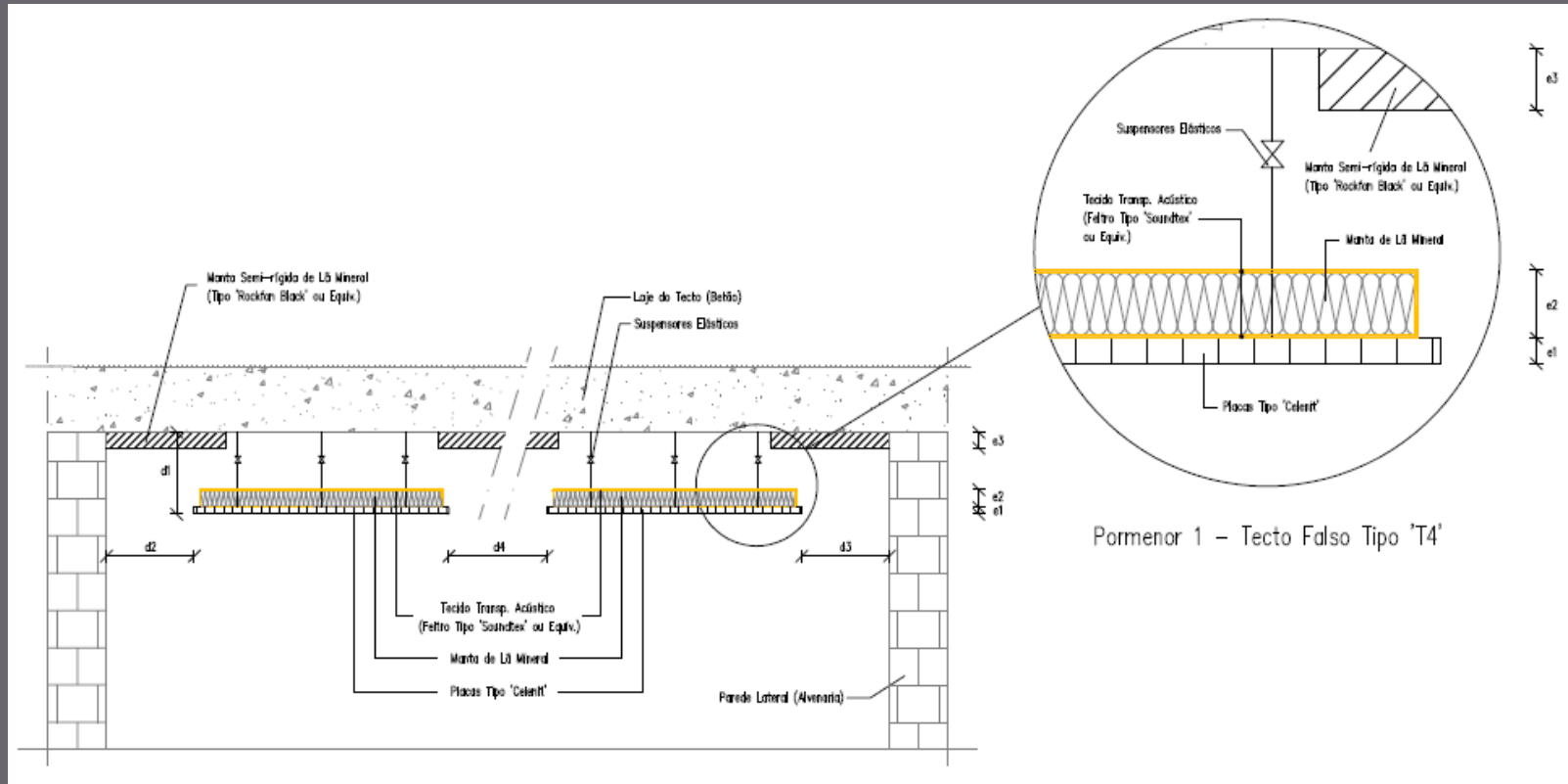
(Escola Secundária _ Tomar)



- adaptação e reabilitação de espaços existentes

– condicionamento acústico interno - laboratório escolar

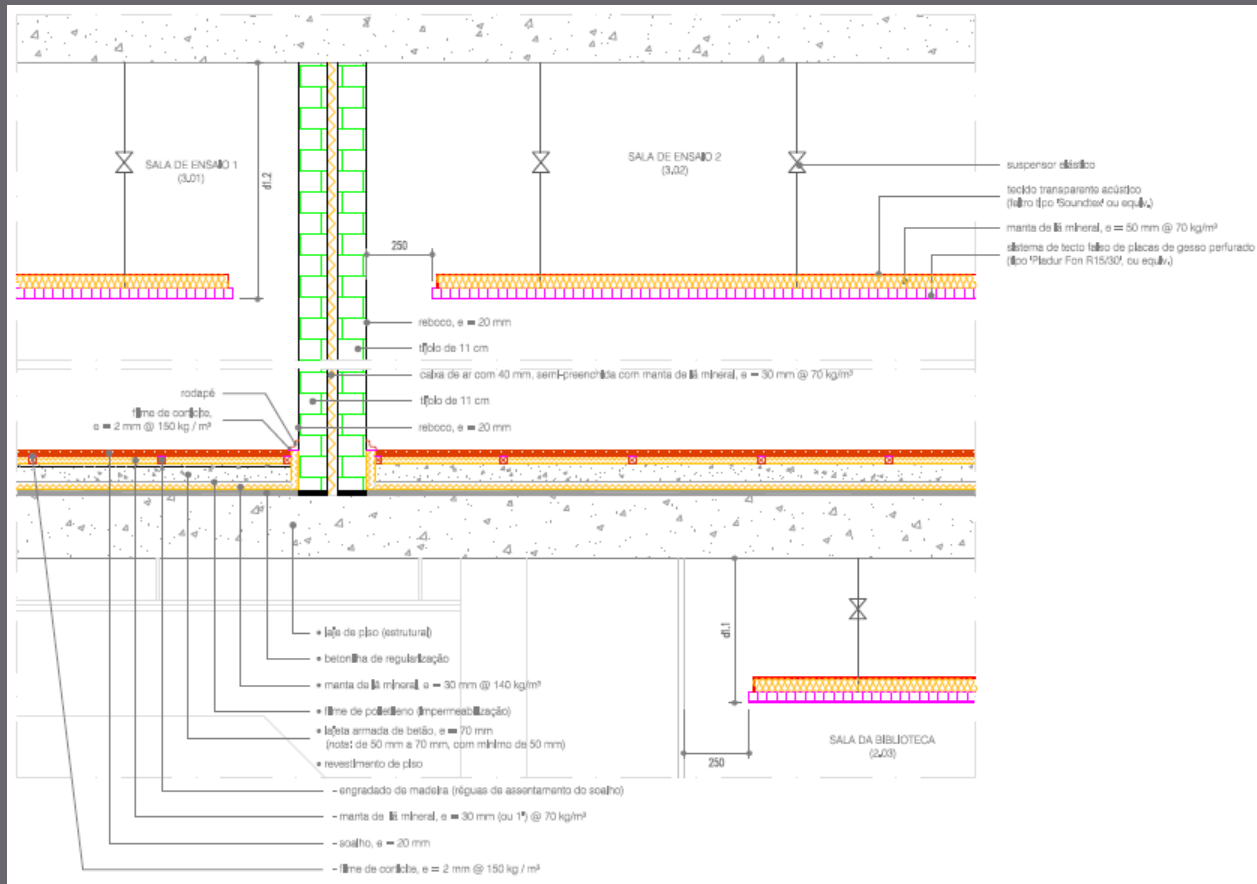
(Escola Secundária _ Tomar)



- adaptação e reabilitação de espaços existentes

– reforço de isolamento sonoro de pavimento (a ruído aéreo e estrutural) e condicionamento acústico dos espaços – Salas de Dança / Biblioteca

(Cine-teatro _ Almada)



- adaptação e reabilitação de espaços existentes

– condicionamento acústico interno – biblioteca, aula, sala de visionamento

(Escola Secundária _ Lisboa)



- adaptação e reabilitação de espaços existentes

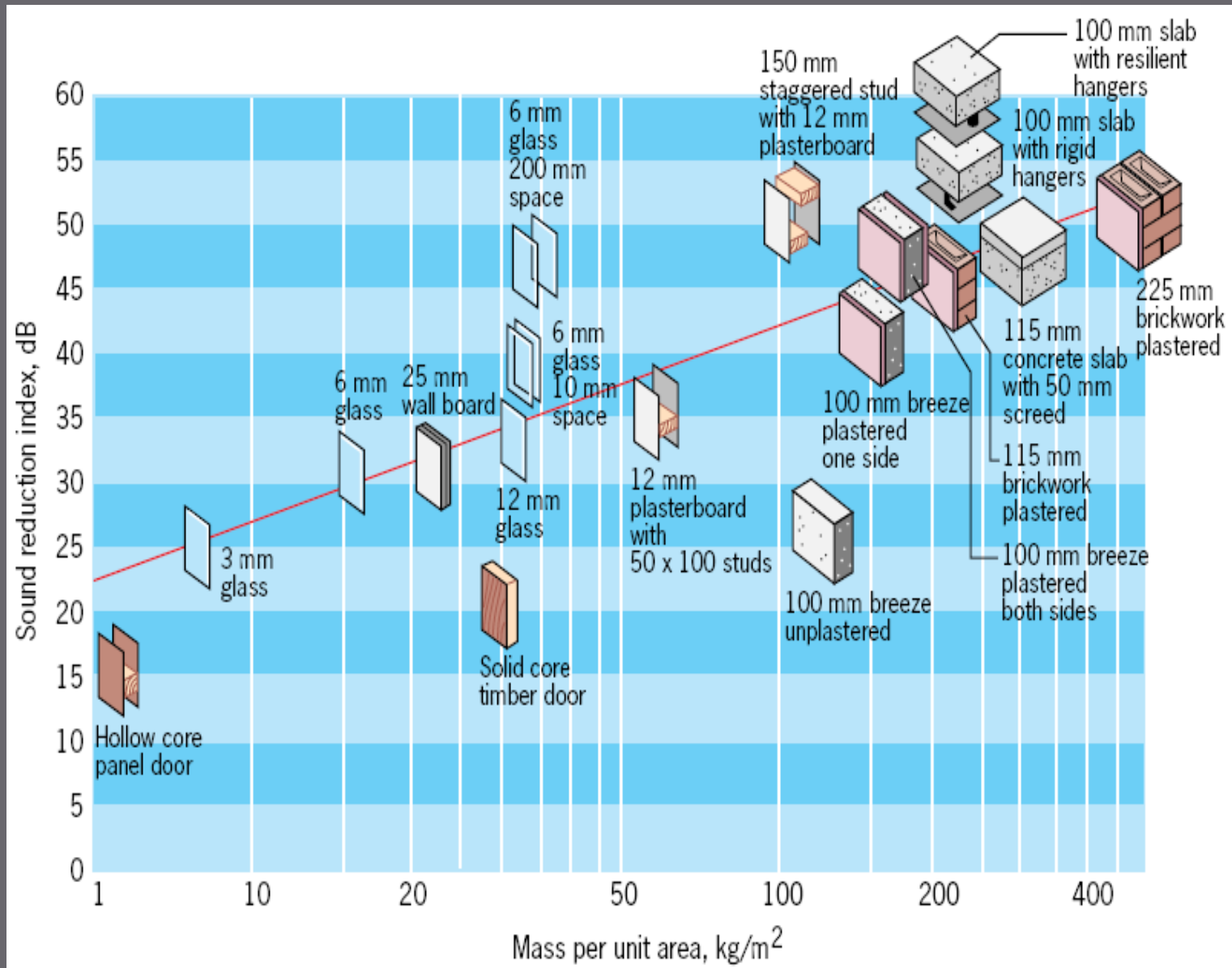
– condicionamento acústico interno - igreja













(Foros d'Amora)





















tema VI

materiais vs. soluções construtivas em edifícios

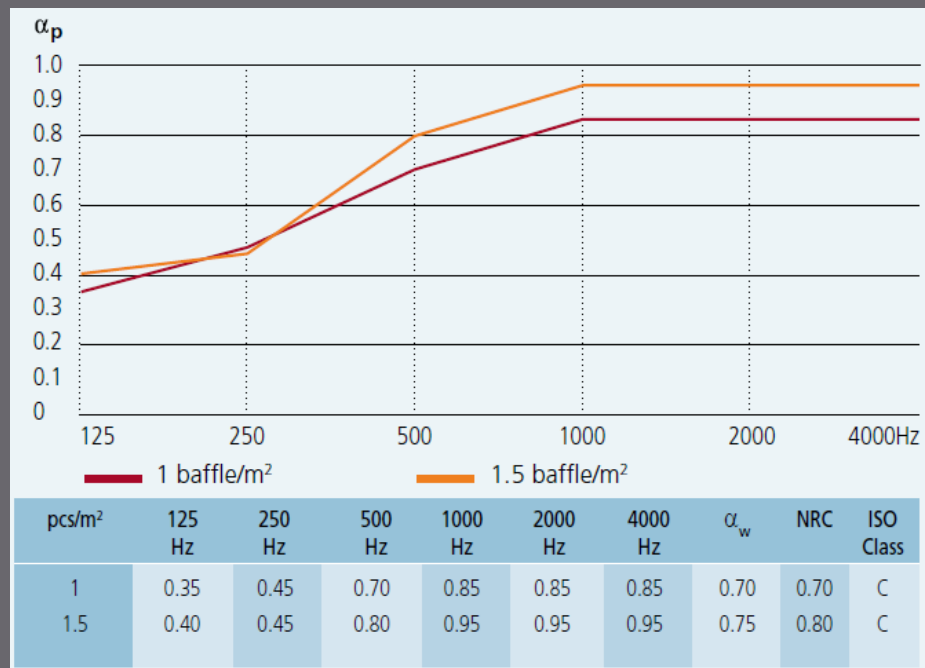


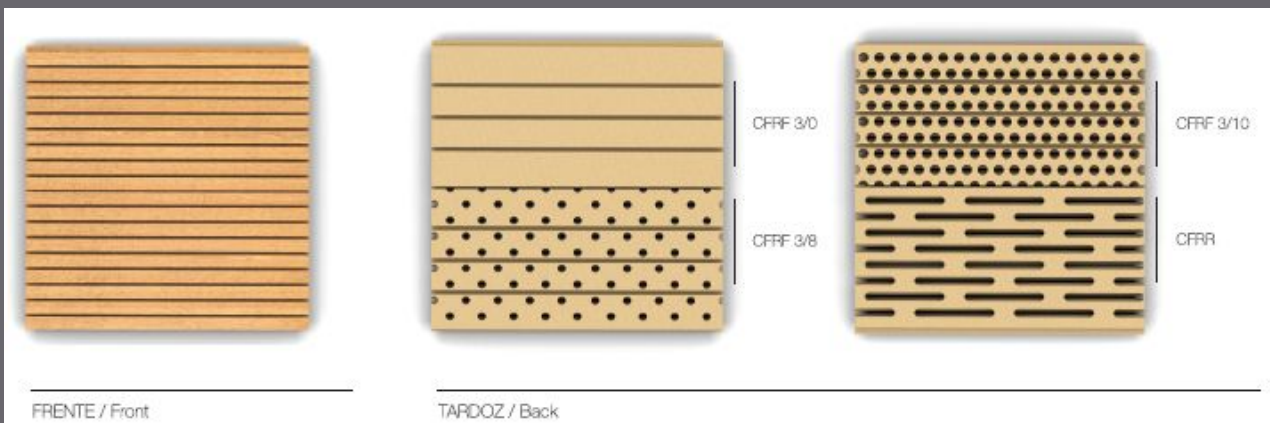
Performance R_w (dB)		Walls - typical forms of construction
35-40	 	<p>1x12.5 mm plasterboard each side of a metal stud (total width 75 mm)</p> <p>100 mm block (low density 52 kg/m²) plastered/rendered 12 mm one side</p>
40-45	 	<p>1x12.5 mm plasterboard each side of a 48 mm metal stud with glass fibre/mineral wool in cavity (total width 75 mm)</p> <p>100 mm block (medium density 140 kg/m²) plastered/rendered 12 mm one side</p>
45-50	  	<p>2x12.5 mm plasterboard each side of a 70 mm metal stud (total width 122 mm)</p> <p>115 mm brickwork plastered/rendered 12 mm both sides</p> <p>100 mm block (medium density 140 kg/m²) plastered/rendered 12 mm both sides</p>
50-55	  	<p>2x12.5 mm plasterboard each side of a 150 mm metal stud with glass fibre/mineral wool in cavity (total width 198 mm)</p> <p>225 mm brickwork plastered/rendered 12 mm both sides</p> <p>215 mm block (high density 430 kg/m²) plastered/rendered 12 mm both sides</p>
55-60	 	<p>2x12.5 mm plasterboard each side of a staggered 60 mm metal stud with glass fibre/mineral wool in cavity (total width 178 mm)</p> <p>100 mm block (high density 200 kg/m²) with 12 mm plaster on one side and 1x12.5 mm plasterboard on metal frame with a 50 mm cavity filled with glass fibre/mineral wool on other side</p>

Performance R_w (dB)		Glazing - typical forms of construction
25		4 mm single float (sealed)
28		6 mm single float (sealed)
		4/12/4: 4 mm glass/12 mm air gap/4 mm glass
30		6/12/6: 6 mm glass/12 mm air gap/6 mm glass
		10 mm single float (sealed)
33		12 mm single float (sealed)
		16/12/8: 16 mm glass/12 mm air gap/8 mm glass
35		10 mm laminated single float (sealed)
		4/12/10: 4 mm glass/12 mm air gap/10 mm glass
38		6/12/10: 6 mm glass/12 mm air gap/10 mm glass
		12 mm laminated single float (sealed)
40		10/12/6 lam: 10 mm glass/12 mm air gap/6 mm laminated glass
		19 mm laminated single float (sealed)
		10/50/6: 10 mm glass/50 mm air gap/6 mm glass
43		10/100/6: 10 mm glass/100 mm air gap/6 mm glass
		12 lam/12/10: 12 mm laminated glass/12 mm air gap/10 mm glass
45		6 lam/200/10: 6 mm laminated glass/200 mm air gap/10 mm + absorptive reveals
		17 lam/12/10: 17 mm laminated glass/12 mm air gap/10 mm glass



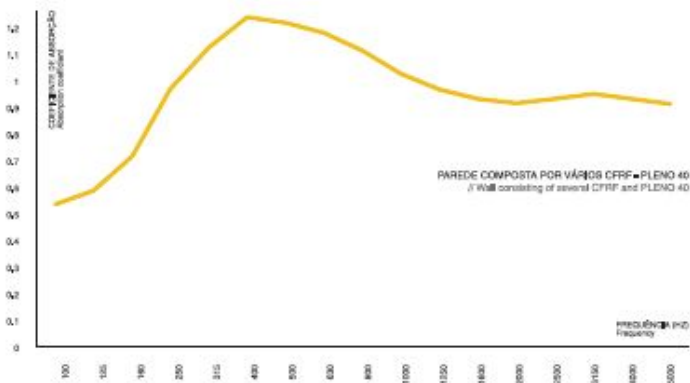
Baffle 1200 x 600 (50 mm)



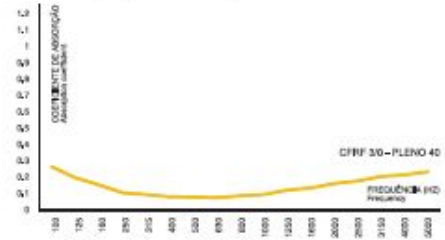




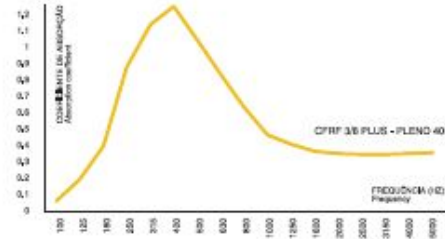
CFRF 3/0 + CFRF 3/8 + CFRF 3/10 + CFRR*



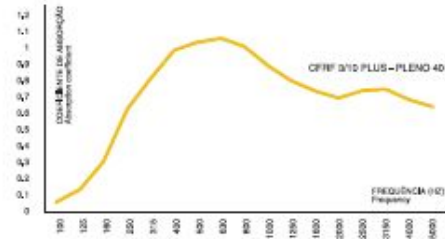
CFRF 3/0 (REFLECTOR)*



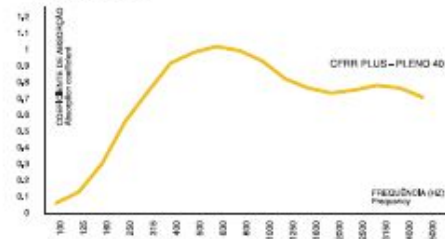
CFRF 3/8 PLUS*



CFRF 3/10 PLUS*



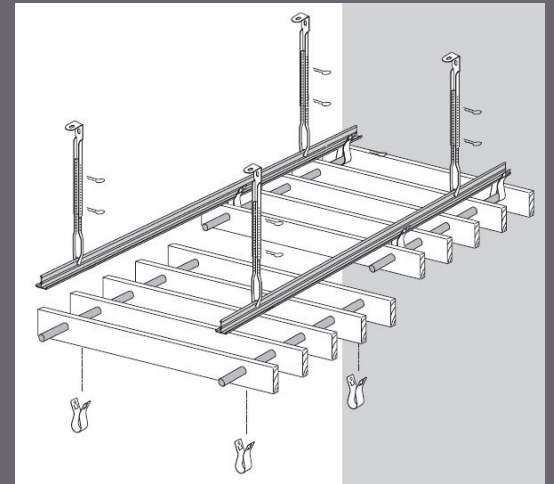
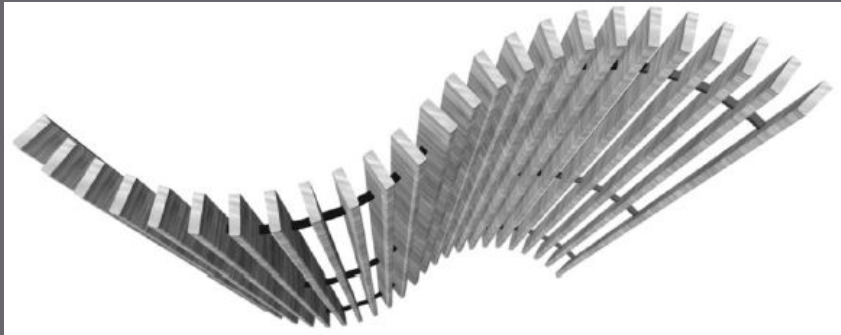
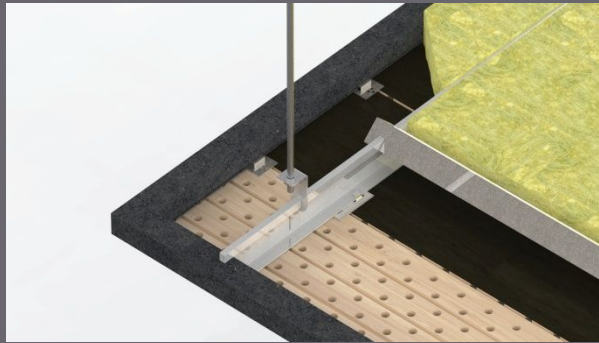
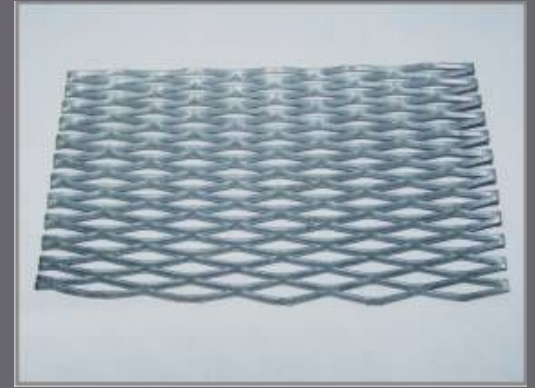
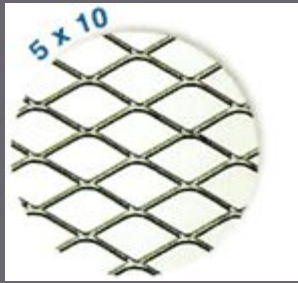
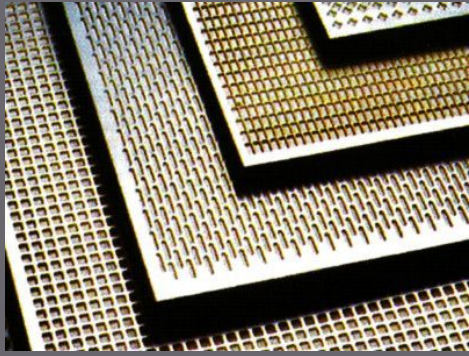
CFRR PLUS*





Frecuencias/Frequências (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	
αs (Plenum 100mm)	0,54	0,93	0,99	0,78	0,63	0,61	α _w = 0,70 LM
αs (Plenum 300mm)	0,67	0,78	0,78	0,71	0,62	0,60	α _w = 0,70 L

Con lana mineral/ Com lâ mineral: 80 mm.



ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS

Adaptação e Reabilitação

tempo de discussão

ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS

Adaptação e Reabilitação

obrigado