

AUT0278 - Desempenho Acústico, Arquitetura e Urbanismo



Materiais absorventes

e-mail: aut278.2018@gmail.com

Materiais absorventes



- **Aplicações:**
- Tratamento acústico de ambientes: controle de reverberação e de ecos.

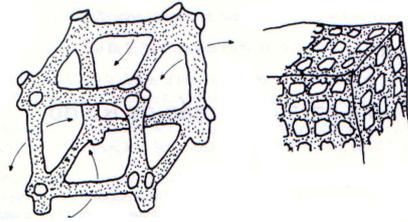


- Controle de ruído: enclausuramento de máquinas em indústrias, atenuação de ruído em sistemas de ventilação e ar condicionado, revestimento interno de paredes ou dutos, ...

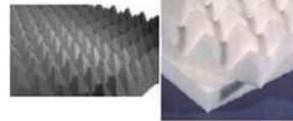
Materiais Porosos

- Espumas

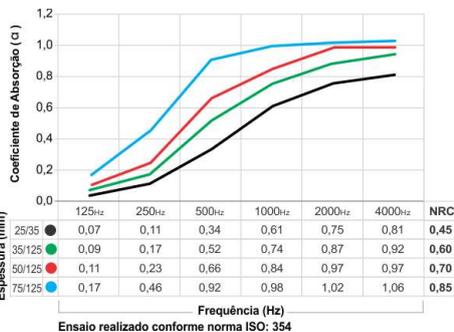
A energia acústica incidente entra pelos poros e é parcialmente dissipada, transformando-se em energia térmica, principalmente por reflexões múltiplas e por atrito viscoso entre o ar no interior dos poros e a estrutura do material.



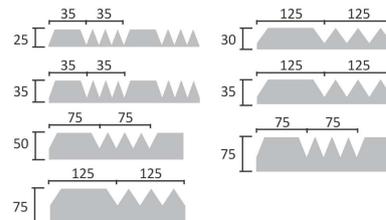
Espumas



Materiais Porosos



Espessuras/Cunhas



Produto: **Placa Acústica Sonex illtec Perfilado**

Fabricante: **Owa**

Materiais Porosos

Produto: **Placa Acústica Sonex illtec Perfilado**

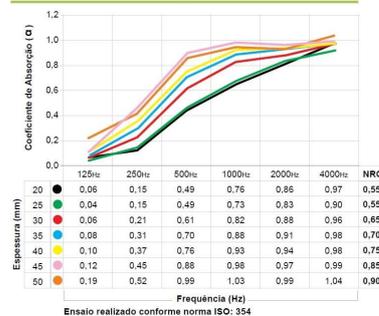
Fabricante: **Owa**



Materiais Porosos



Coefficientes de Absorção Sonora



Ensaio realizado conforme norma ISO: 354

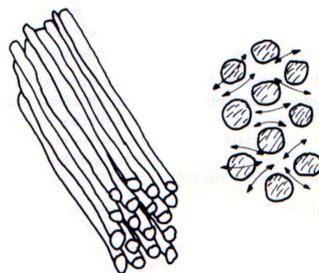
Produto: **Placas Acústicas Sonex Illtec Plano**

Fabricante: **OWA Sonex**

Materiais Fibrosos

- **Lã de rocha, lã de vidro, lã de pet**

A energia acústica incidente entra pelos interstícios das fibras, fazendo-as vibrar juntamente com o ar, dissipando-se em energia térmica devido ao atrito entre as fibras excitadas.



Lã de rocha



Lã de vidro



LÃ DE PET



Lã de rocha

Produzida com densidades de 32 kg/m^3 a 160 kg/m^3 .
Sua principal característica é a resistência à ação do fogo.



Lã de vidro

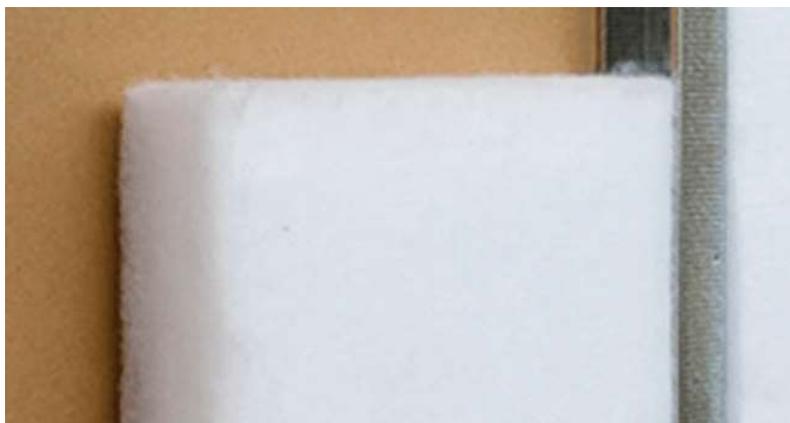
Produzida com densidades de 10 kg/m³ a 100 kg/m³.

Apesar de ser incombustível, possui uma resistência menor ao fogo, sendo necessária, por exemplo, a combinação com outros materiais mais resistentes, como a própria lã de rocha e a lã cerâmica.



Lã de Pet

- Fibra 100% poliéster.
- 100% reciclável pois parte da matéria prima é proveniente da reciclagem de garrafas PET.



Lã de Pet



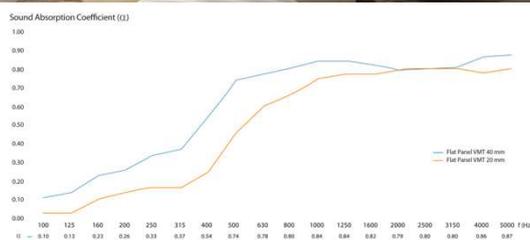
Produto: **Revest Decor**
Fabricante: **Trisoft**

Lã de Pet

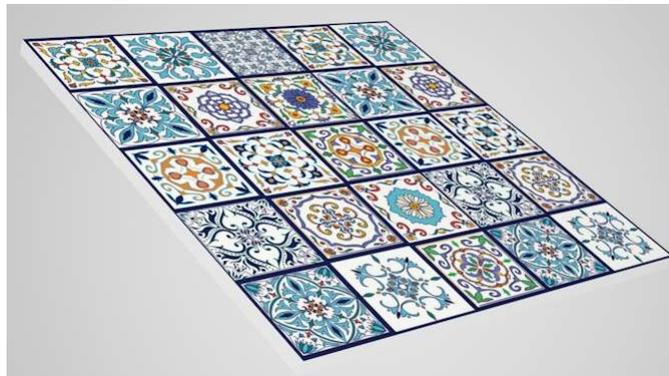
Produzida a partir de garrafas plásticas recicladas.



Produto: **Flat Panel VMT**
Fabricante: **Vicoustic**



Lã de Pet



Produto: **Flat Panel VMT**

Fabricante: **Vicoustic**

Frequência de Absorção: Média / Alta Frequência

NRC: 0,55 (Flat Panel VMT 20 mm aplicado diretamente sobre uma superfície rígida)

NRC: 0,60 (Flat Panel VMT 40 mm aplicado diretamente sobre uma superfície rígida)

Lã de Pet

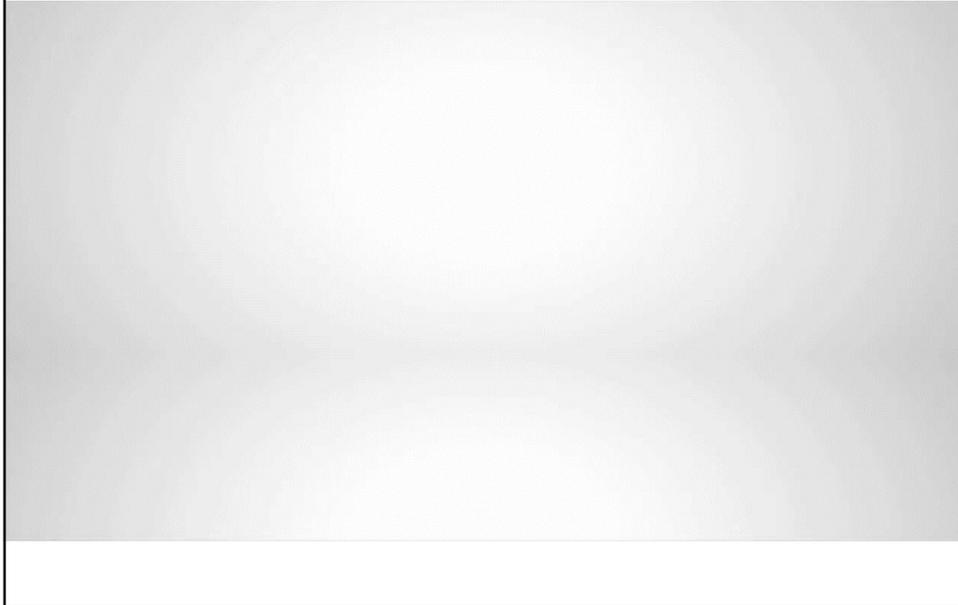
Produto: **Flat Panel VMT**

Fabricante: **Vicoustic**

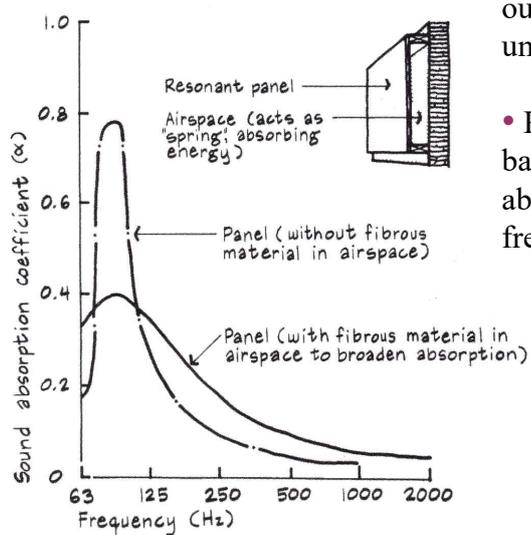
Lã de Pet

Produto: **Flat Panel VMT**

Fabricante: **Vicoustic**

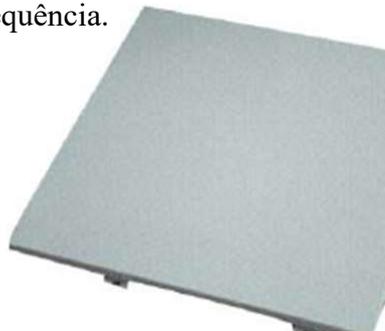


Painéis ou membranas flexíveis



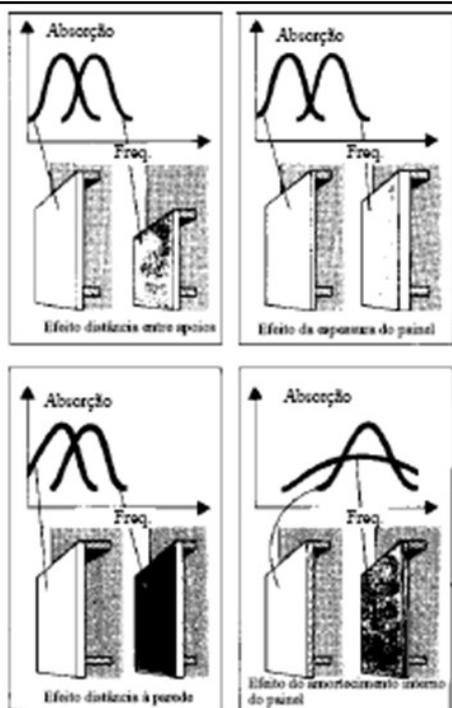
- Superfícies montadas sobre outra superfície sólida, com um espaço de ar entre elas.

- Para absorção em médias e baixas frequências ou para absorver em uma única frequência.



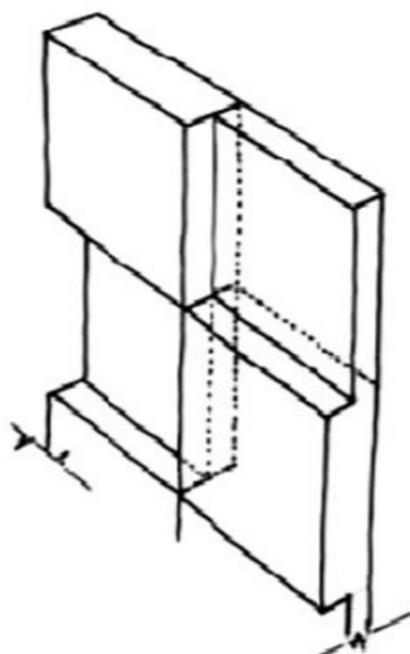
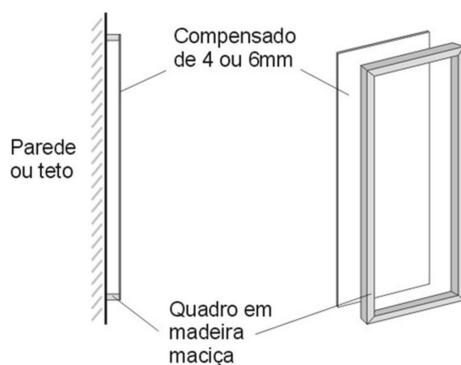
Painéis flexíveis

- Painéis leves, flexíveis, de pouca espessura, que atuam como membranas
- Materiais possíveis: madeira (laminados, compensados), metais, plástico, etc.



Painéis flexíveis

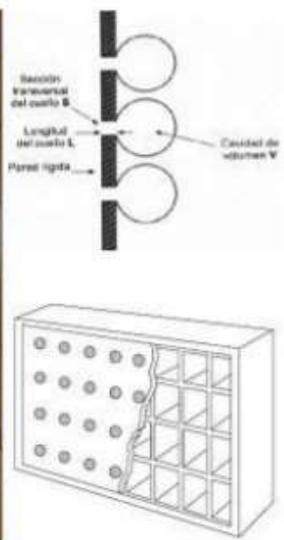
- Quanto ao formato, é possível utilizar diferentes espessuras para diferentes frequências de absorção.



Painéis flexíveis



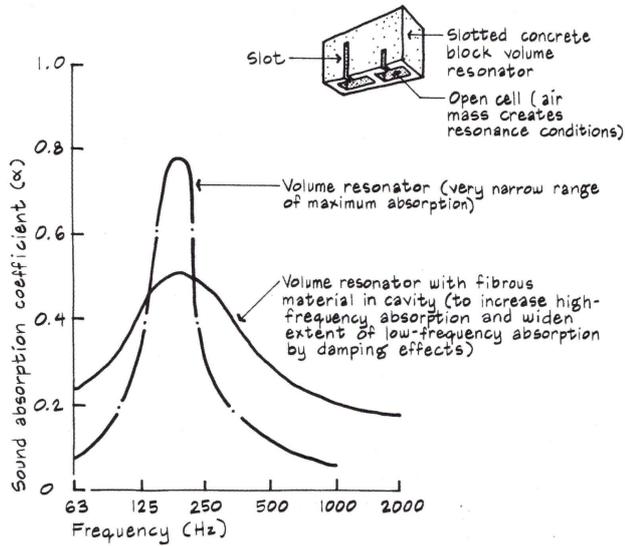
Ressoadores (ou ressonadores) de Helmholtz



- São cavidades que contém ar confinado e estão conectadas ao ambiente através de uma pequena abertura.

- Para absorção em médias e baixas frequências ou para absorver em uma única frequência.

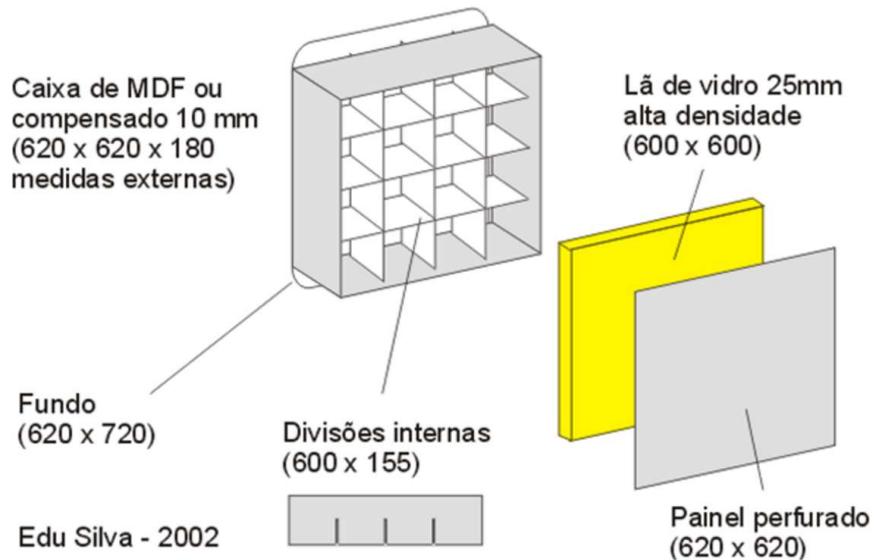
Ressoadores (ou ressonadores) de Helmholtz



• Tijolos furados



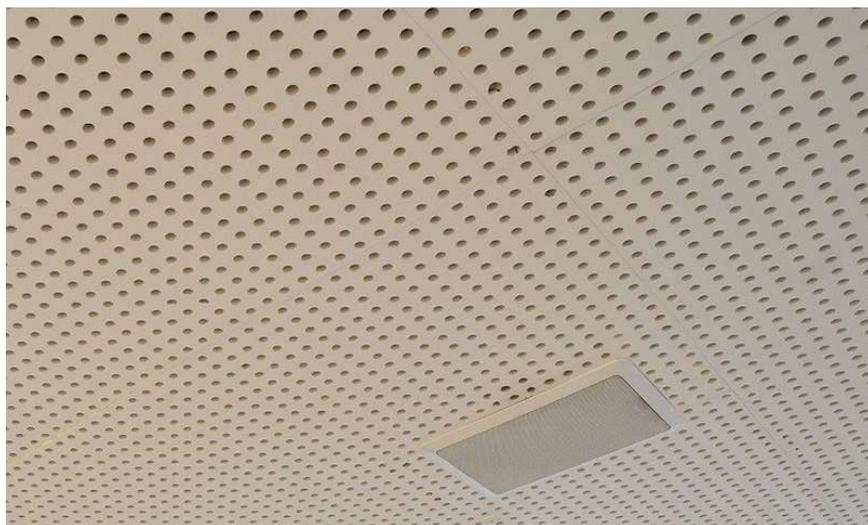
Ressoadores (ou ressonadores) de Helmholtz



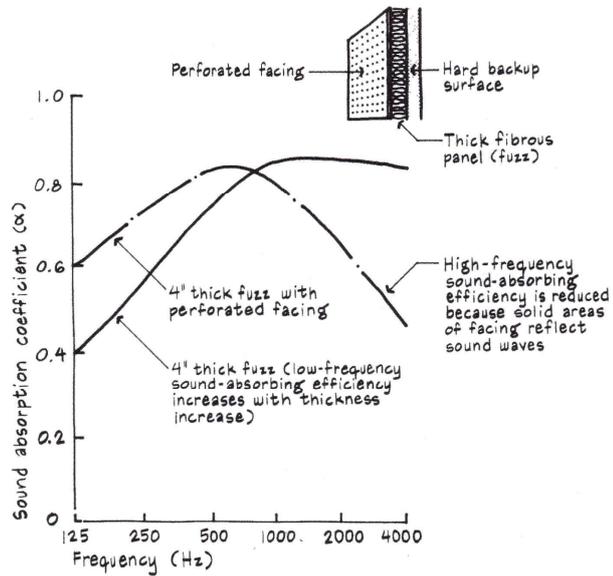
Ressoadores (ou ressonadores) de Helmholtz



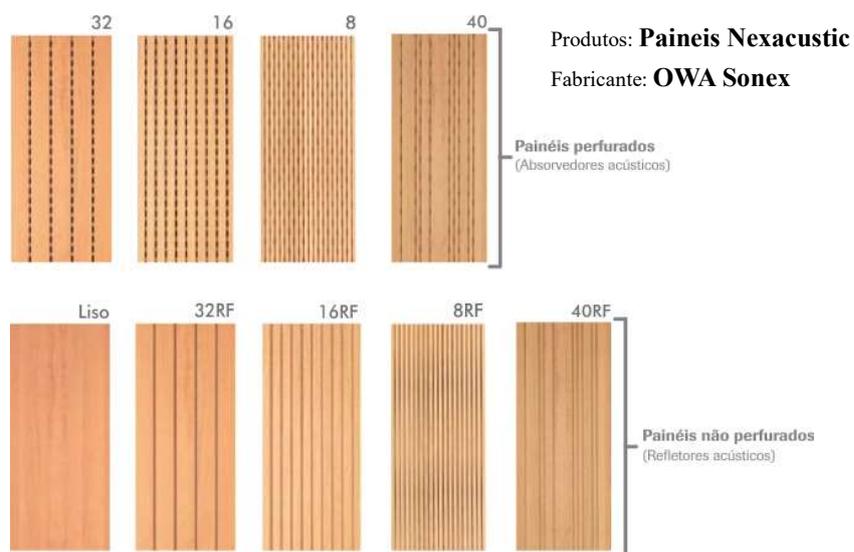
Painéis perfurados



Painéis perfurados

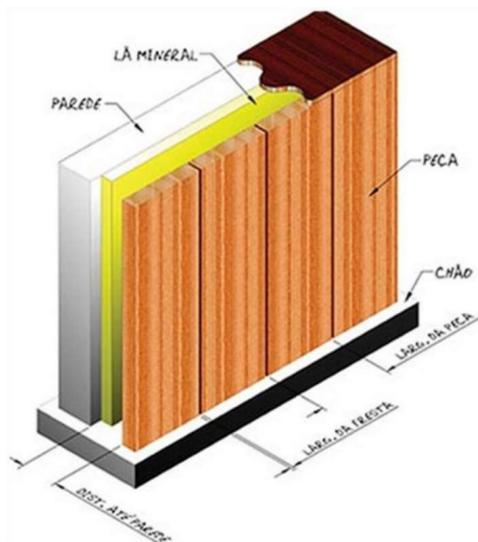


Painéis perfurados de madeira

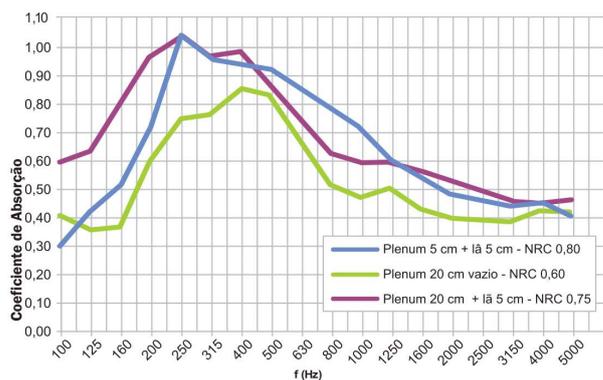
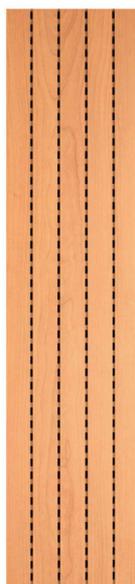


*Consultar cores disponíveis em cada modulação.

Painéis perfurados



Painéis perfurados de madeira

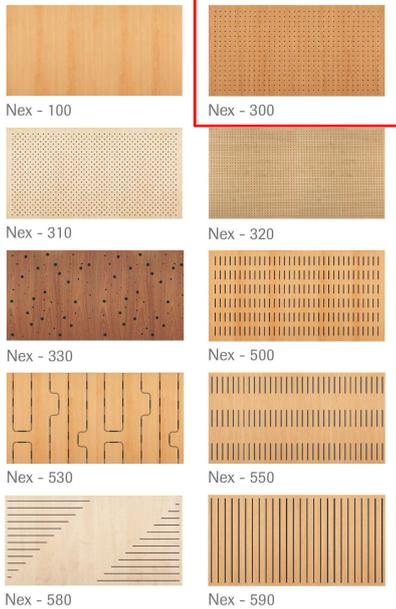


Nexacustic 32	125	250	500	1000	2000	4000	5000
— (Azul)	0,41	1,02	0,90	0,70	0,47	0,44	0,40
— (Verde)	0,35	0,73	0,81	0,46	0,39	0,41	0,41
— (Roxo)	0,62	1,01	0,83	0,58	0,50	0,44	0,45

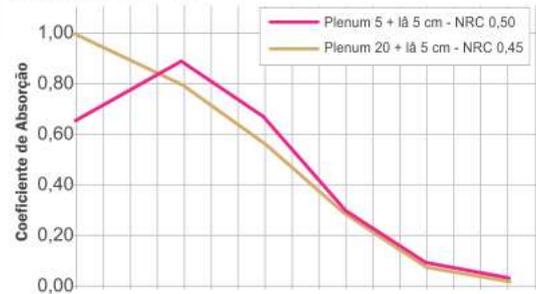
Produto: **Painel Nexacustic 32**

Fabricante: **OWA Sonex**

Painéis perfurados de madeira



Nexacoustic 300



f(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
●	0,65	0,90	0,65	0,30	0,10	0,05
●	1,00	0,80	0,55	0,30	0,10	0,05

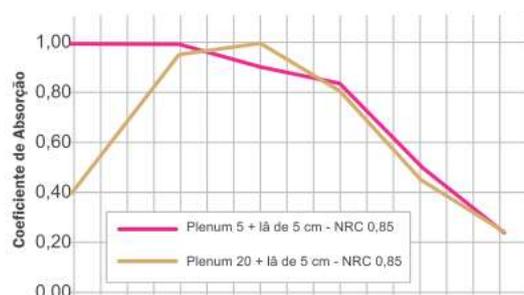
Produtos: **Revestimentos Nexacoustic**

Fabricante: **OWA Sonex**

Painéis perfurados de madeira (Forro)



Nexacoustic 500



f(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
●	0,40	0,95	1,00	0,80	0,45	0,25
●	1,00	1,00	0,90	0,85	0,50	0,25

Produtos: **Forros de Madeira Nexacoustic 500**

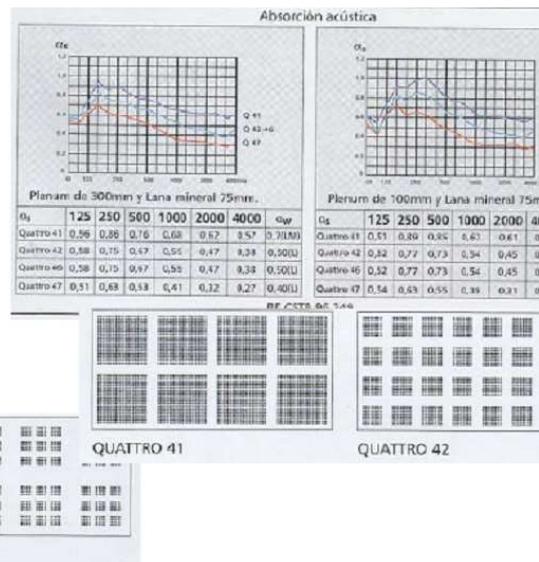
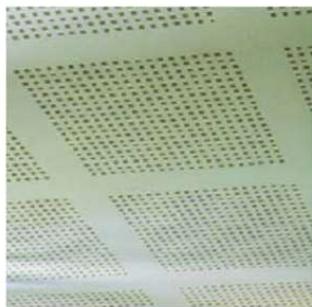
Fabricante: **OWA Sonex**

Painéis perfurados de madeira (Forro)



Painéis perfurados

Painéis perfurados ou ranhurados



Painéis perfurados



Painéis perfurados



Escolha do material

Em termos práticos, a escolha de um material de absorção acústica, além dos coeficientes de absorção e da frequência do ruído, depende também de:

- Custo
- Características em altas temperaturas / Resistência ao fogo
- Peso e volume em relação ao espaço disponível
- Rigidez mecânica
- Fixação e manutenção
- Aparência e pintura
- Limpeza

Escolha do material

Para a escolha dos materiais, deve-se combinar todos os elementos necessários de forma a obter o melhor resultado para a finalidade desejada em toda a faixa de frequência.

Placas acústicas

Produto: **Sonex Illtec Plano**

Fabricante: **OWA Sonex**



Placas acústicas

Produto: **Sonex Illtec Plano**

Fabricante: **OWA Sonex**



Placas acústicas

Produto: **Sonex Illtec Plano**

Fabricante: **OWA Sonex**



Placas acústicas

Produto: **Sonex Illtec Plano**

Fabricante: **OWA Sonex**



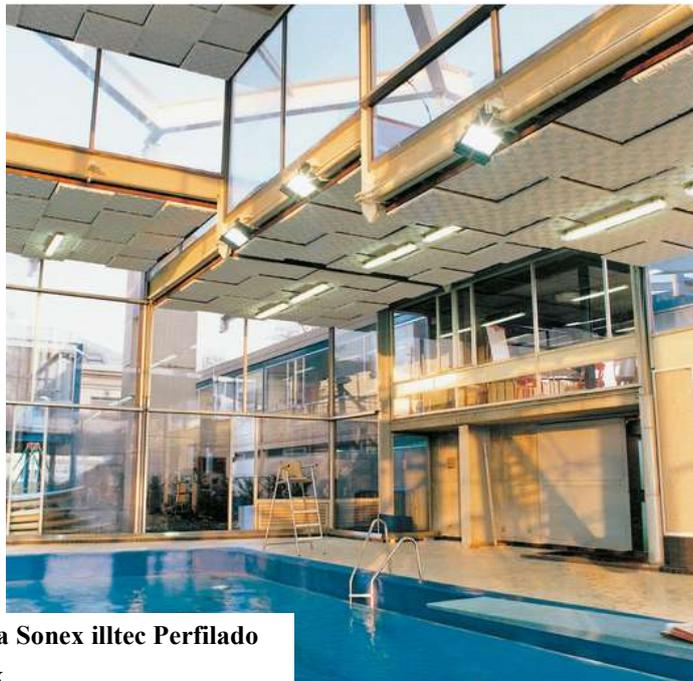
Placas acústicas

Producto: **Placa Acústica Sonex illtec Perfilado**

Fabricante: **OWA Sonex**



Placas acústicas



Producto: **Placa Acústica Sonex illtec Perfilado**

Fabricante: **OWA Sonex**

Placas acústicas

Produto: **Flat panels**

Fabricante: **Vicoustic**



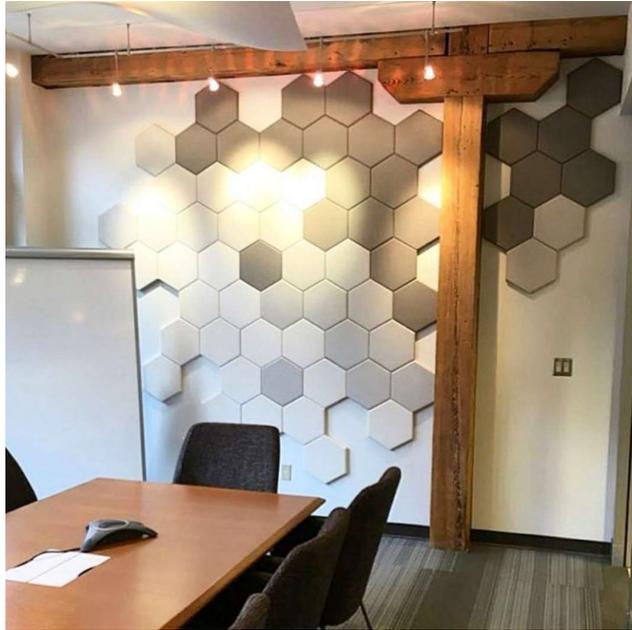
Placas acústicas

Fabricante: **Xorel Artform**



Placas ou “Azulejos” acústicos

Fabricante: **Xorel Artform**



Placas ou “Azulejos” acústicos

Fabricante: **Xorel Artform**

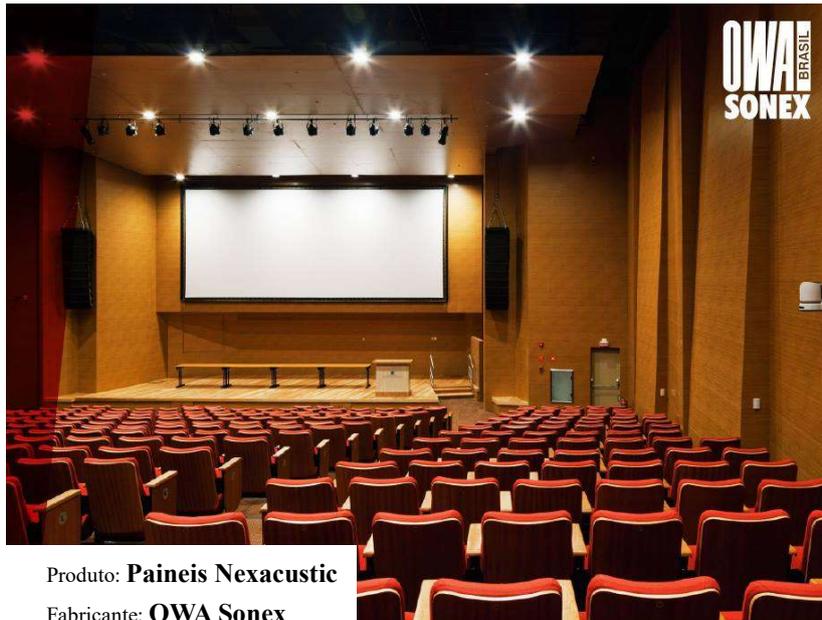


Placas ou “Azulejos” acústicos

Fabricante: **Xorel Artform**



Painéis acústicos



Produto: **Painéis Nexacoustic**

Fabricante: **OWA Sonex**

Painéis acústicos



Produto: **Painéis Nexacustic**

Fabricante: **OWA Sonex**

Forro perfurado

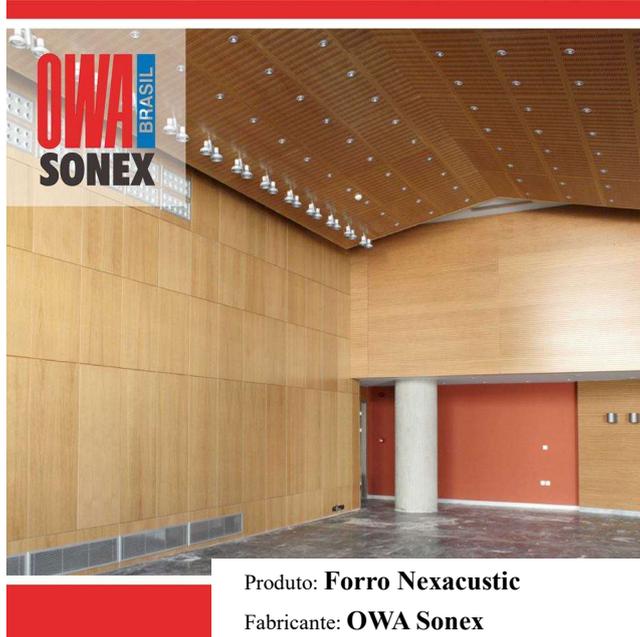


Edifício Cinerama

Produto: **Revestimento Nexacustic**

Fabricante: **OWA Sonex**

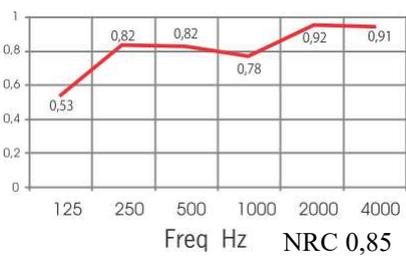
Forro perfurado



Forro mineral



Produto: **Forro Mineral Humancare**
Fabricante: **OWA Sonex**



Forro mineral



Forro mineral



Forro mineral

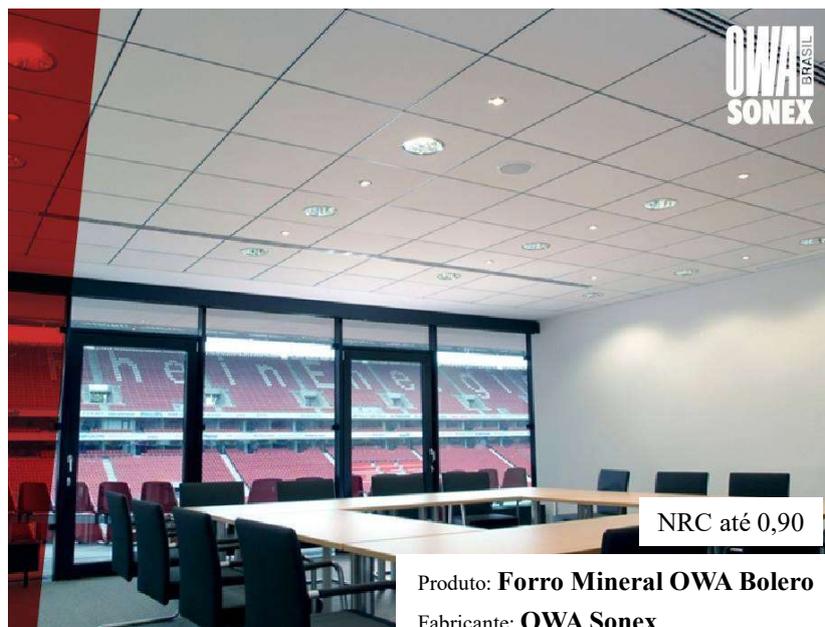


NRC 0,90

Forro Mineral Multi Alpha

Produto: **Forro Mineral Multi Alpha**
Fabricante: **OWA Sonex**

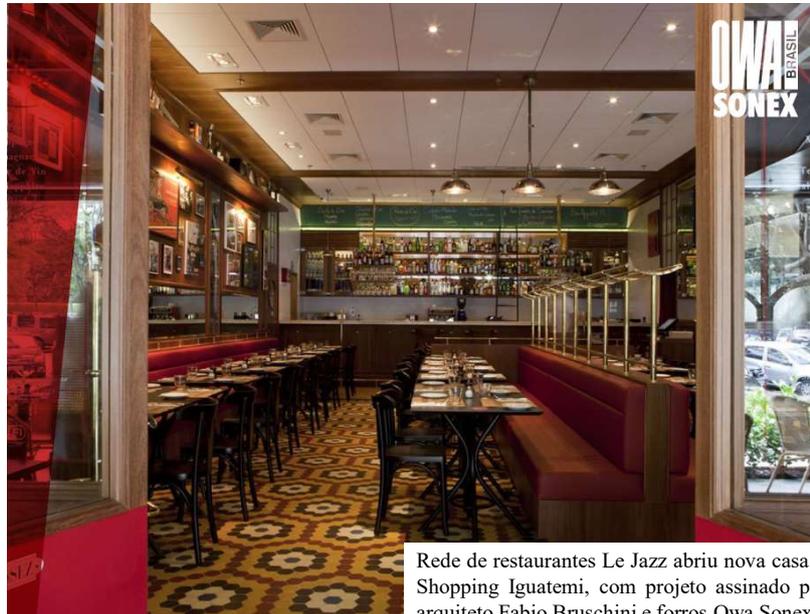
Forro mineral



NRC até 0,90

Produto: **Forro Mineral OWA Bolero**
Fabricante: **OWA Sonex**

Forro mineral

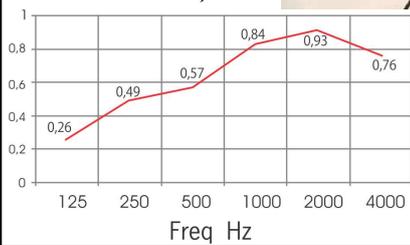


Rede de restaurantes Le Jazz abriu nova casa no Shopping Iguatemi, com projeto assinado pelo arquiteto Fabio Bruschini e forros Owa Sonex.

Forro mineral



Coefficiente de absorção:



Produto: **Forro Mineral Creaprint - NRC 0,70**

Fabricante: **OWA Sonex**

Baffles (Painéis acústicos suspensos)



Baffle Linear



Baffle T



Baffle

Produto: **Sonex Illtec Baffle**

Fabricante: **OWA Sonex**

Baffles (Painéis acústicos suspensos)

Produto: **Sonex Illtec Baffle**

Fabricante: **OWA Sonex**

Material

Placa acústica SONEX illtec, semi-rígida, de estrutura micro-celular, densidade 11 kg/m³, alta resistência ao fogo, atende aos requisitos máximos de segurança Norma NBR 9442/ IT-10.

Cores

- Natural: cinza claro
- Padrão: conforme tabela. (pag. 15)
- Pintura especial: sob consulta

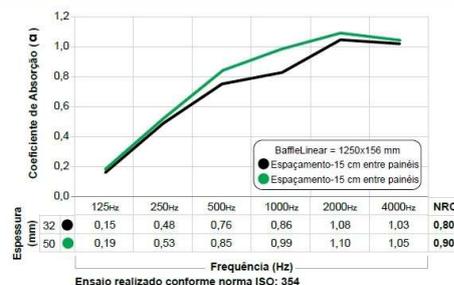
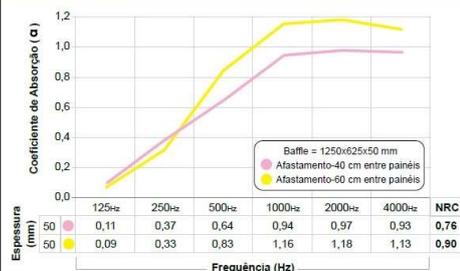
Garantia

5 anos

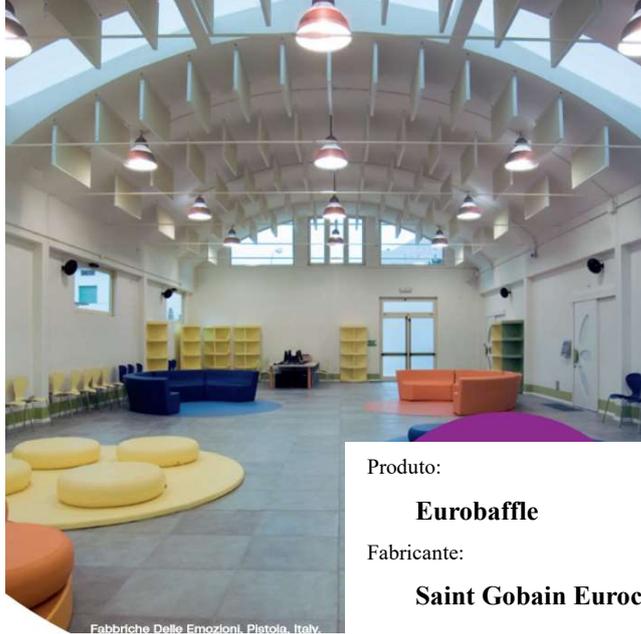
Espessuras (mm)

- 35 mm
- 50 mm

Coeficientes de Absorção Sonora



Baffles (Paineis acústicos suspensos)



Produto:

Eurobaffle

Fabricante:

Saint Gobain Eurocoustic

Fabbriche Delle Emozioni, Pistoia, Italy

Baffles (Paineis acústicos suspensos)



Produto:

Eurobaffle

Fabricante:

Saint Gobain Eurocoustic

Baffles (Paineis acústicos suspensos)



Produto:

Eurobaffle

Fabricante:

Saint Gobain Eurocoustic

Baffles (Paineis acústicos suspensos)



Sonex illtec Baffle

Produto: **Sonex Illtec Baffle**

Fabricante: **OWA Sonex**

Baffles (Paineis acústicos suspensos)



Baffles (Paineis acústicos suspensos)

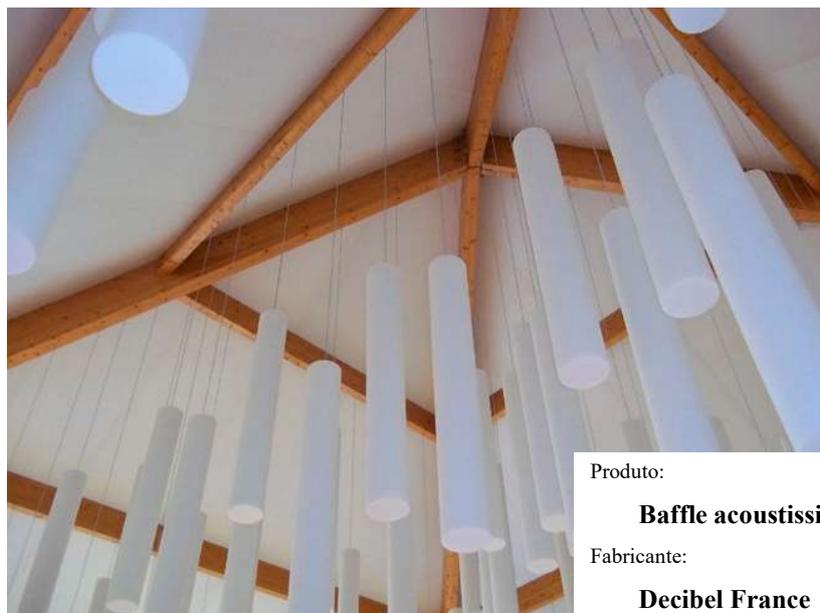


Produto: **Rockfon Fibril Baffles**
Fabricante: **Rockfon**

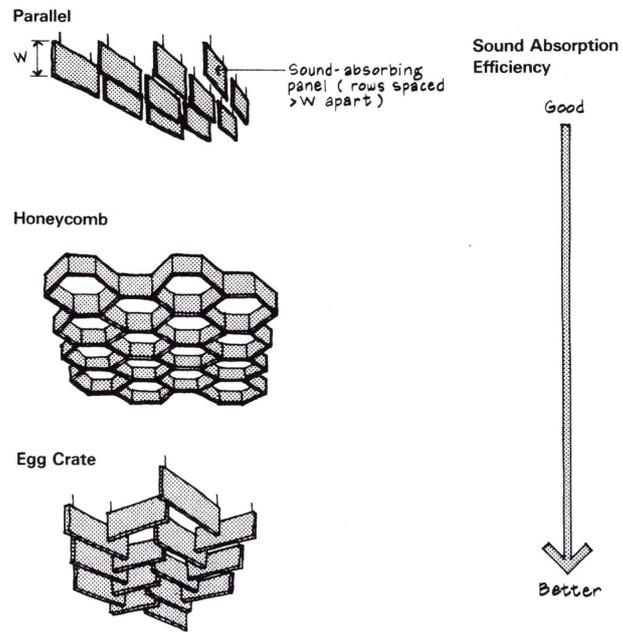
Baffles (Painéis acústicos suspensos)



Baffles (Painéis acústicos suspensos)



Baffles (Painéis acústicos suspensos)



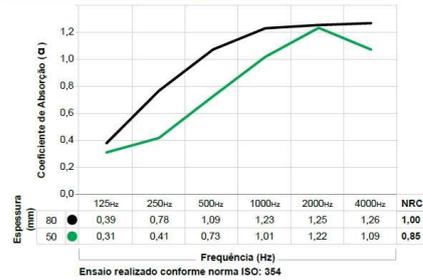
Painéis acústicos suspensos



Nuvens acústicas



Coefficientes de Absorção Sonora



Ensaio realizado conforme norma ISO: 354

Produto: **Sonex Illtec Nuvens**

Fabricante: **OWA Sonex**

Nuvens acústicas



Produto: **Rockfon Eclipse Island**

Fabricante: **Rockfon**

Nuvens acústicas

Bedruthan Hotel e Spa - Reino Unido



Nuvens acústicas

Produto: **VI Cloud**

Fabricante: **Vicoustic**



Placas acústicas

Produtos: **Woolbubbles**, **Town** e **MyPlace**

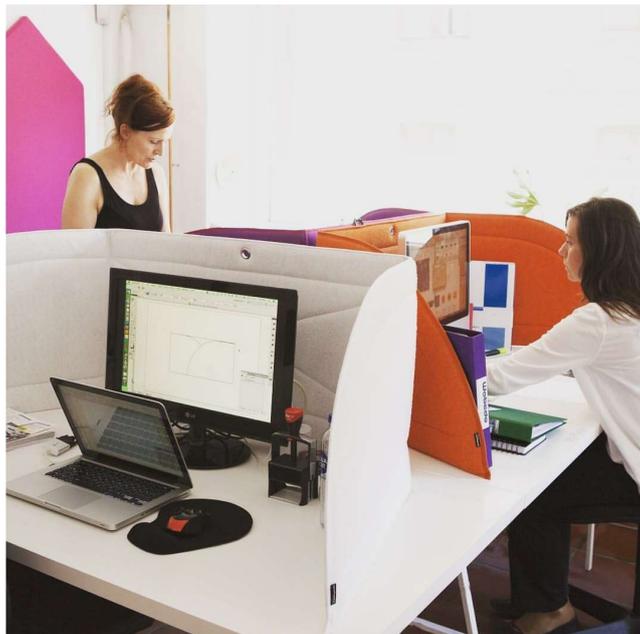
Fabricante: **Wobedo**



My Place

Product: **My Place**

Fabricante: **Wobedo**



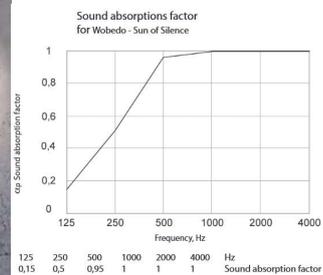
My Place

Product: **My Place**
Fabricante: **Wobedo**



Sun of Silence

Product: **Sun of Silence**
Fabricante: **Wobedo**



Square of Silence

Product: **Square of Silence**

Fabricante: **Wobedo**



Luminárias acústicas

Produto: **Material Acoustic Light**

Fabricante: **AcousticaItalia**



E paredes verdes / jardins verticais ?



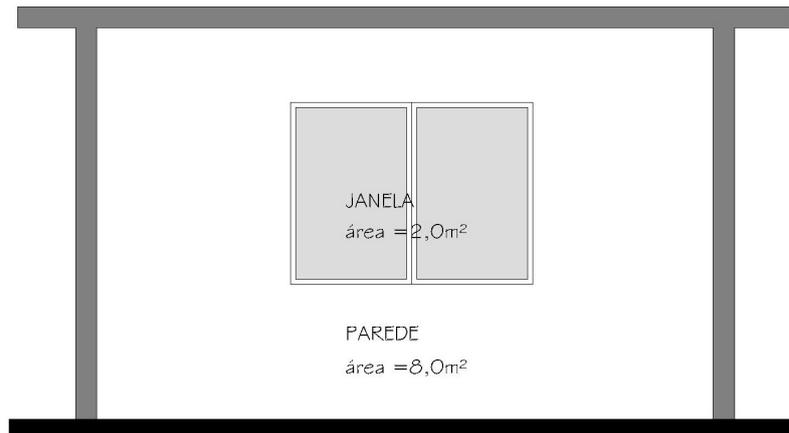
E paredes verdes / jardins verticais ?



Exemplo

Exemplo 3:

Calcule a área de absorção sonora equivalente da superfície composta por parede de 8 m^2 ($\alpha = 0,20$) e janela de 2 m^2 ($\alpha = 0,10$):



Exemplo

Exemplo 3:

1) Áreas da superfície:

$$\text{Parede: } S_{\text{parede}} = 8 \text{ m}^2$$

$$\text{Janela: } S_{\text{janela}} = 2 \text{ m}^2$$

2) Calcule a área de absorção sonora equivalente:

$$A = \sum \alpha_i S_i = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

$$A = \alpha_{\text{parede}} S_{\text{parede}} + \alpha_{\text{janela}} S_{\text{janela}}$$

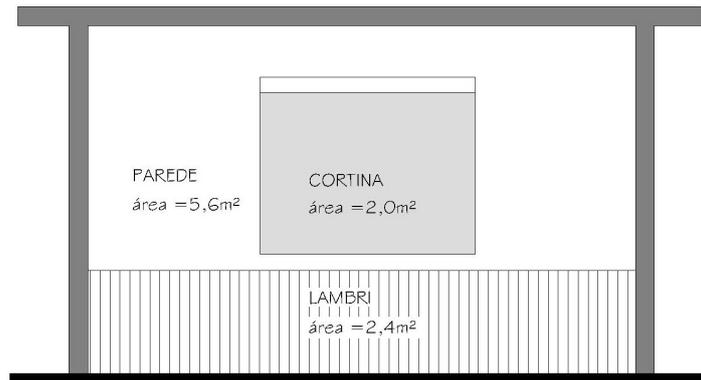
$$A = 0,20 \times 8 + 0,1 \times 2$$

$$A = 1,6 + 0,2 = 1,8 \text{ m}^2 \text{ Sabin}$$

Exemplo

Exemplo 4:

Calcule a área de absorção sonora equivalente da superfície composta por parede de $5,6 \text{ m}^2$ ($\alpha = 0,20$), lambri de $2,4 \text{ m}^2$ ($\alpha = 0,30$) e cortina de 2 m^2 ($\alpha = 0,50$) :



Exemplo

Exemplo 4:

1) Áreas da superfície:

$$\text{Parede: } S_{\text{parede}} = 5,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Lambri: } S_{\text{lambri}} = 2,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Cortina: } S_{\text{cortina}} = 2 \text{ m}^2$$

2) Calcule a área de absorção sonora equivalente:

$$A = \sum \alpha_i S_i = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

$$A = \alpha_{\text{parede}} S_{\text{parede}} + \alpha_{\text{lambri}} S_{\text{lambri}} + \alpha_{\text{cortina}} S_{\text{cortina}}$$

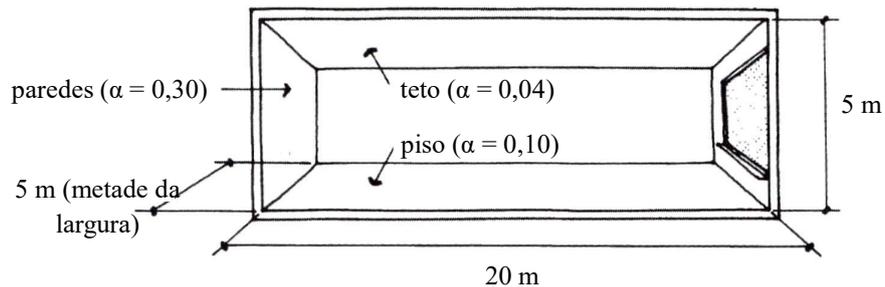
$$A = 0,20 \times 5,6 + 0,30 \times 2,4 + 0,50 \times 2$$

$$A = 1,12 + 0,72 + 1 = 2,84 \text{ m}^2 \text{ Sabin}$$

Exemplo

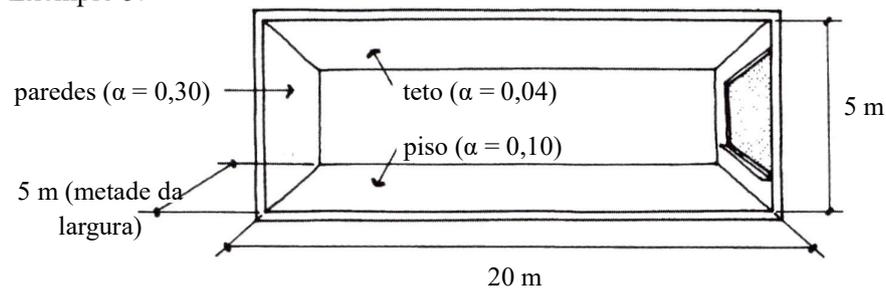
Exemplo 5:

Uma sala de aula com 20 m de comprimento, 10 m de largura e 5 m de altura, possui os seguintes coeficientes de absorção sonora na frequência de 500 Hz: 0,30 para paredes, 0,04 para o teto e 0,10 para o piso. Calcule o tempo de reverberação na frequência de 500 Hz na sala vazia e sem nenhum tratamento acústico.



Exemplo

Exemplo 5:



- 1) Calcule o volume da sala:
- 2) Calcule as áreas das superfícies da sala:
- 3) Calcule a área de absorção sonora equivalente da sala em 500 Hz:
- 4) Calcule o tempo de reverberação da sala em 500 Hz:

Exemplo

Exemplo 5:

1) Calcule o volume da sala:

$$V = 20 \times 10 \times 5 \text{ m} = 1000 \text{ m}^3$$

2) Calcule as áreas das superfícies da sala:

$$\text{Teto: } S_{\text{teto}} = 20 \times 10 = 200 \text{ m}^2$$

$$\text{Paredes: } S_{\text{paredes}} = 2(5 \times 10) + 2(5 \times 20) = 300 \text{ m}^2$$

$$\text{Piso: } S_{\text{piso}} = 20 \times 10 = 200 \text{ m}^2$$

Exemplo

Exemplo 5:

3) Calcule a área de absorção sonora equivalente da sala em 500 Hz:

$$A = \sum \alpha_i S_i = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

$$A = \alpha_{\text{teto}} S_{\text{teto}} + \alpha_{\text{paredes}} S_{\text{paredes}} + \alpha_{\text{piso}} S_{\text{piso}}$$

$$A = 0,04 \times 200 + 0,30 \times 300 + 0,10 \times 200$$

$$A = 8 + 90 + 20 = 118 \text{ m}^2 \text{ Sabin}$$

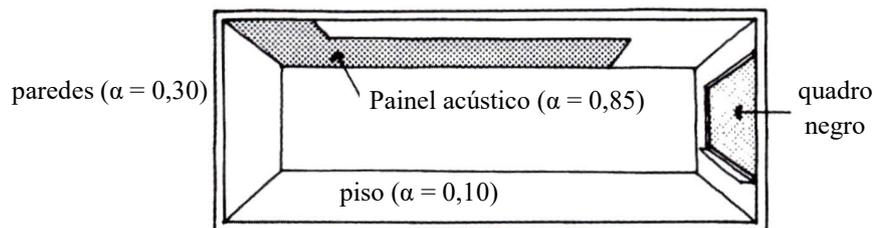
4) Calcule o tempo de reverberação da sala em 500 Hz:

$$TR = 0,161 \frac{V}{A} \quad TR = 0,161 \frac{1000}{118} = 1,36 \text{ s}$$

Exemplo

Exemplo 6:

Calcule o tempo de reverberação caso metade da superfície do teto seja tratada com material absorvente ($\alpha = 0,85$). A área central se mantém refletora para ajudar a distribuir energia sonora do orador ao fundo da sala.



Exemplo

Exemplo 6:

1) Calcule a área de absorção sonora equivalente da sala em 500 Hz:

$$A = \sum \alpha_i S_i = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

$$A = \alpha_{\text{teto}} S_{\text{teto}} + \alpha_{\text{teto absorvente}} S_{\text{teto absorvente}} + \alpha_{\text{paredes}} S_{\text{paredes}} + \alpha_{\text{piso}} S_{\text{piso}}$$
$$A = 0,04 \times 100 + 0,85 \times 100 + 0,30 \times 300 + 0,10 \times 200$$
$$A = 4 + 85 + 90 + 20 = 199 \text{ m}^2 \text{ Sabin}$$

2) Calcule o tempo de reverberação da sala em 500 Hz:

$$TR = 0,161 \frac{V}{A} \quad TR = 0,161 \frac{1000}{199} = 0,81 \text{ s}$$

No Stoa:

- **Arquivo em Excel**

Planilha Absorção Sonora AUT0280

Tabela Coeficientes de Absorção AUT0280

- **Plantas USP**

Exercício 02 - a

- **Qual o tempo de reverberação da sala de aula?**

