

Isolantes Térmicos e Acústicos para Construção Civil

Fernando Simon Westphal, Eng. Civil, M. Eng.
Deivis Luis Marinoski, Eng. Civil, mestrando
Prof. Roberto Lamberts, Eng. Civil, PhD.



Laboratório de Eficiência
Energética em Edificações

www.labeee.ufsc.br/conforto

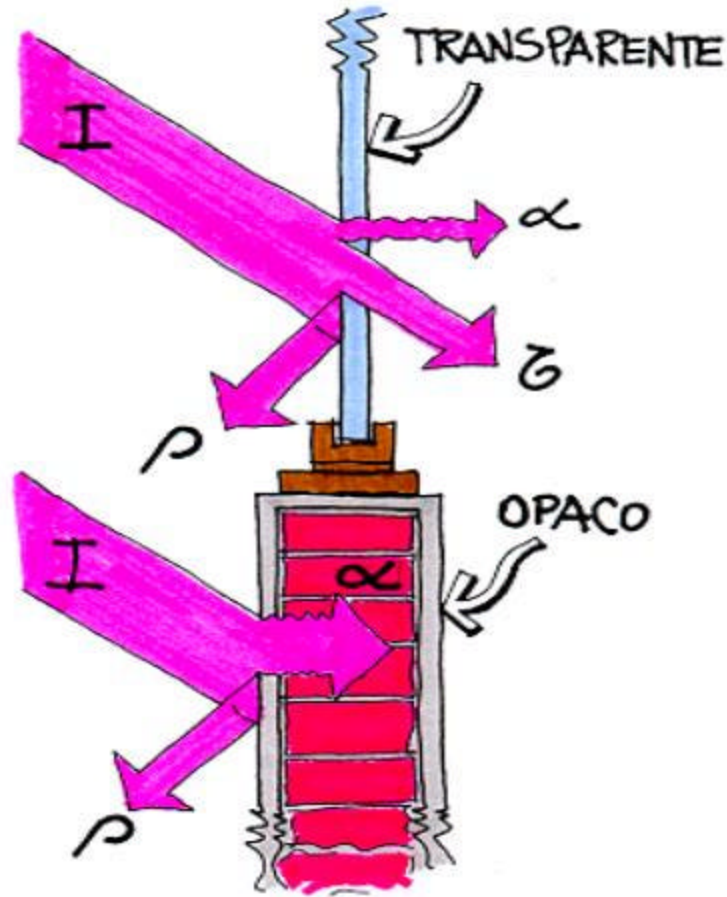
Desempenho de Materiais

.....

- ◆ Resistência e deformação
- ◆ Estabilidade dimensional e juntas
- ◆ Exclusão de água e vapor
- ◆ Resistência ao fogo
- ◆ Durabilidade
- ◆ Propriedades Térmicas
- ◆ Propriedades Acústicas

- ◆ Absortividade
- ◆ Refletividade
- ◆ Transmissividade
- ◆ Emissividade
- ◆ Condutividade Térmica
- ◆ Calor Específico

Transferência de Calor



◆ **Absortividade em ondas curtas:** Razão entre a taxa de radiação solar absorvida por uma superfície e a taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.

- Símbolo: α
- Função da cor:
 - branco= 0,2
 - preto= 0,9

◆ **Refletividade em ondas curtas:** Razão entre a taxa de radiação solar refletida por uma superfície e a taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.

- Símbolo: ρ

Definições

◆ **Transmissividade em ondas curtas:** Razão entre a taxa de radiação solar que atravessa uma superfície e a taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.

- símbolo: τ
- vidro comum 3mm = 0,85

◆ **Emissividade:** Razão entre a taxa de radiação emitida por uma superfície e a taxa de radiação emitida por um corpo negro, à mesma temperatura.

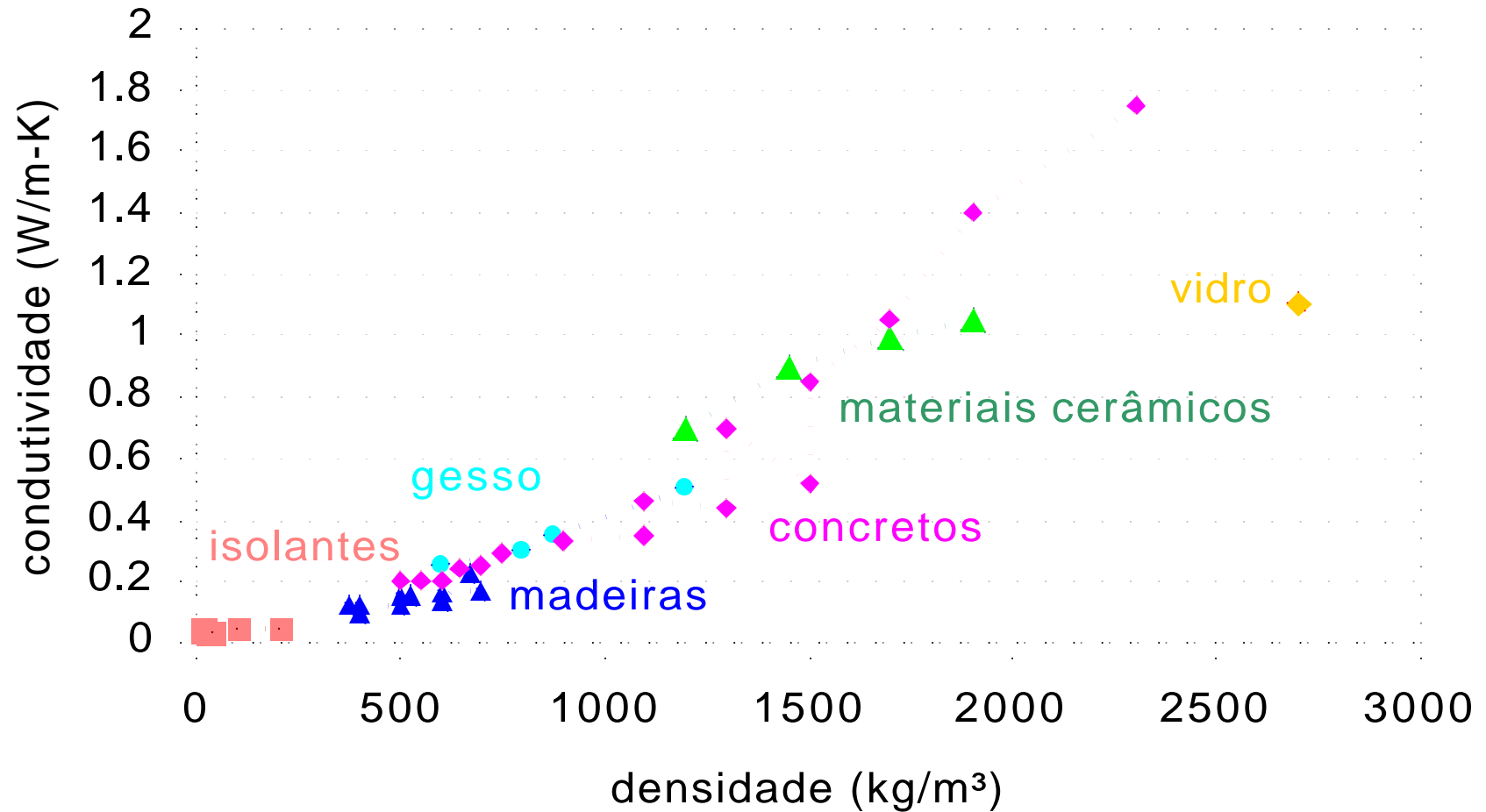
- símbolo: ε
- maioria dos materiais de construção = 0,90
- alumínio polido = 0,05 a 0,10

- ◆ **Condutividade Térmica:** Propriedade do material que caracteriza o fluxo de calor transferido por unidade de espessura e por unidade de gradiente de temperatura.

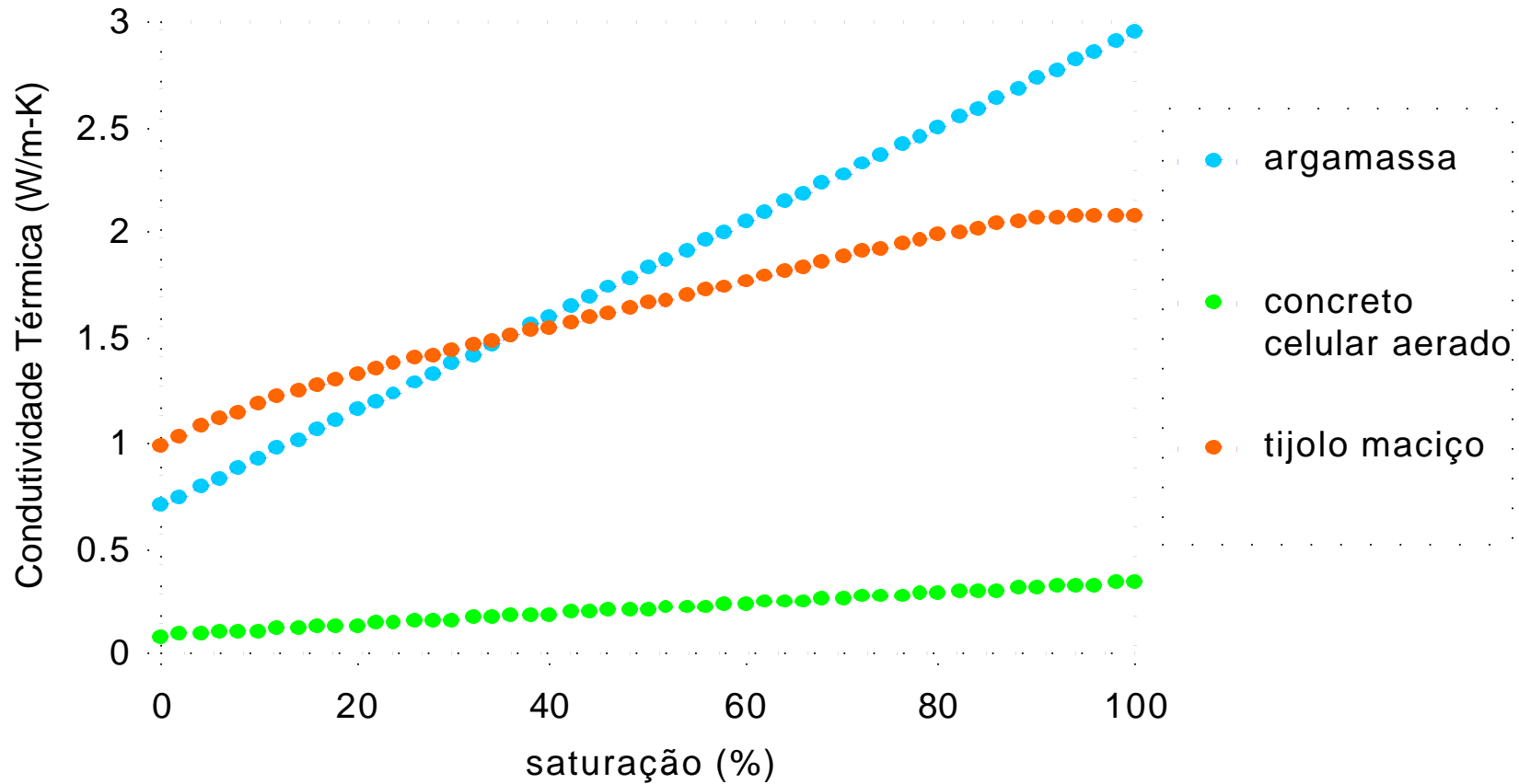
- Símbolo: λ
- Unidade: W/m.°C
- Alguns exemplos:

Material	Condutividade (W/m.°C)
Ar	0,027
Água	0,060
Concreto normal	1,750
Poliuretano extrudado	0,030

Condutividade x Densidade



Condutividade x Umidade



- ◆ **Calor Específico:** Quantidade de calor necessária para elevar em um grau a temperatura de um componente, por unidade de massa
- Símbolo: c
 - Unidade: kJ/kg.K
 - Alguns exemplos:

Material	Calor específico (kJ/kg.K)
Ar	1,00
Água	4,19
Concreto normal	1,00
Poliuretano extrudado	1,67

Calor Específico x Densidade



Isolantes Térmicos Convencionais

- ◆ Isolantes fibrosos ($\lambda = 0,045 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$)
 - Lã de rocha ou lã mineral
 - Lã de vidro
- ◆ Poliestireno ($\lambda = 0,035 \text{ a } 0,040 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$)
 - Expandido (granulado aglutinado por fusão)
 - Extrudado (células fechadas)
- ◆ Espuma de Poliuretano ($\lambda = 0,030 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$)
- ◆ Concreto celular com 400 kg/m^3 ($\lambda = 0,17 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$)
- ◆ Agregado leve
 - Vermiculita
 - Argila expandida - concreto com 500 kg/m^3 ($\lambda = 0.20 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$)
 - Cinza sinterizada
 - Escória sinterizada - concreto com 1000 kg/m^3 ($\lambda = 0.35 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$)

Isolantes Térmicos Convencionais

◆ Lã de vidro ($\lambda = 0,045 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$)



Placa de forro revestida
na face aparente

Aplicações: Lojas e Escritórios



Isolantes Térmicos Convencionais

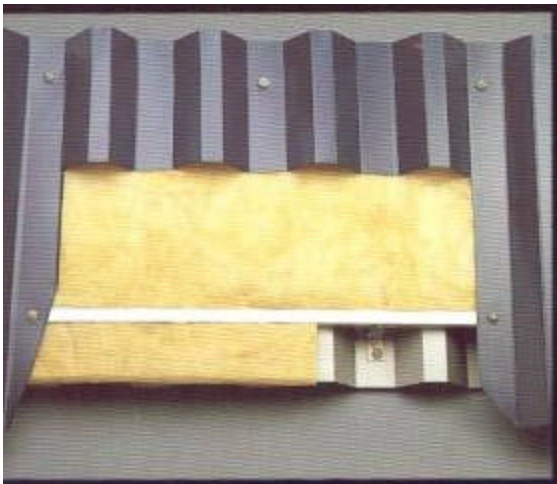
◆ Lã de vidro ($\lambda = 0,045 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$)

Feltros flexíveis



Aplicações:

- Isolação térmica de forros e coberturas
- Fabricação de telhas duplas isolantes
- Isolamento de ruídos de impacto em pisos
- Isolação acústica de equipamentos



Isolantes Térmicos Convencionais

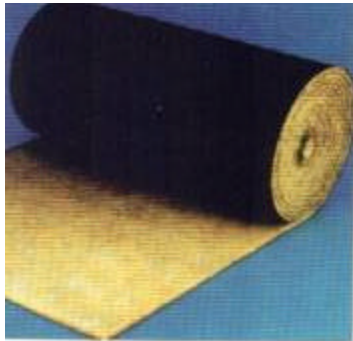
◆ Lã de vidro ($\lambda = 0,045 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$)

Feltros flexíveis ensacados

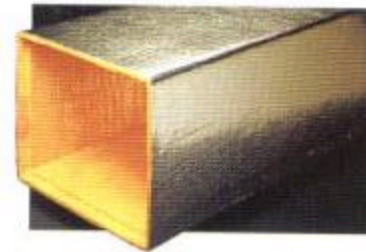


Aplicações:

- Isolação térmica, sendo simplesmente depositado sobre forro falso



Revestimento para dutos metálicos

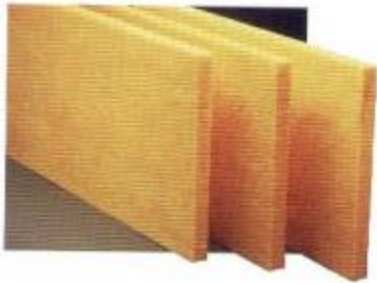


Isolamento para sistemas de distribuição de ar

Isolantes Térmicos Convencionais

◆ Lã de vidro ($\lambda = 0,045 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$)

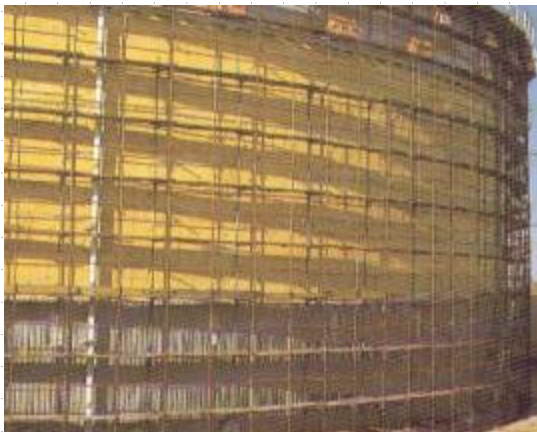
Painéis termo-acústicos



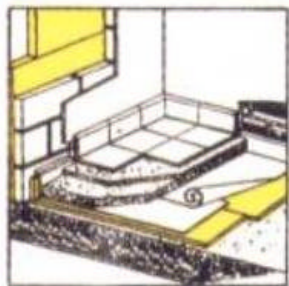
Aplicações:

-Na construção civil: Paredes duplas, coberturas, pisos flutuantes, miolos de divisórias e isolamento térmica em geral.

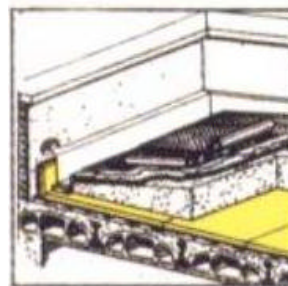
-Na Indústria: Isolação térmica de caldeiras, fornos, estufas, tanques de armazenagem.



Painéis rígidos e semi-rígidos de lã de vidro

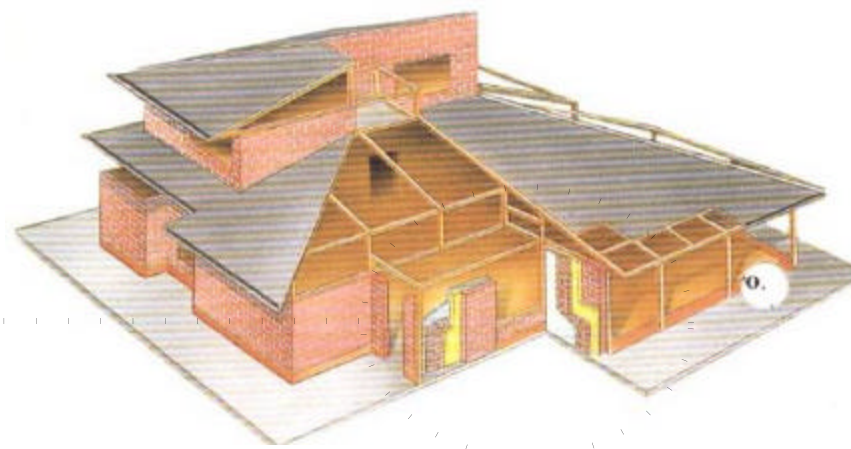
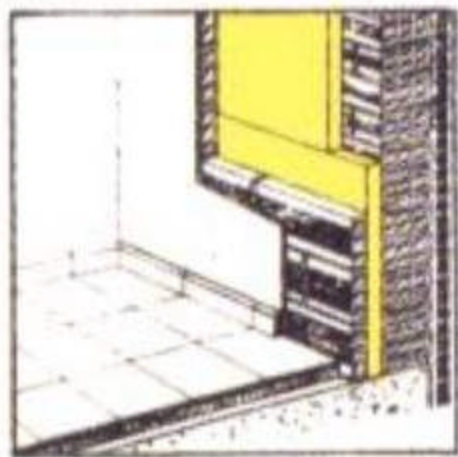


Isolamento termo-acústico entre pavimentos.



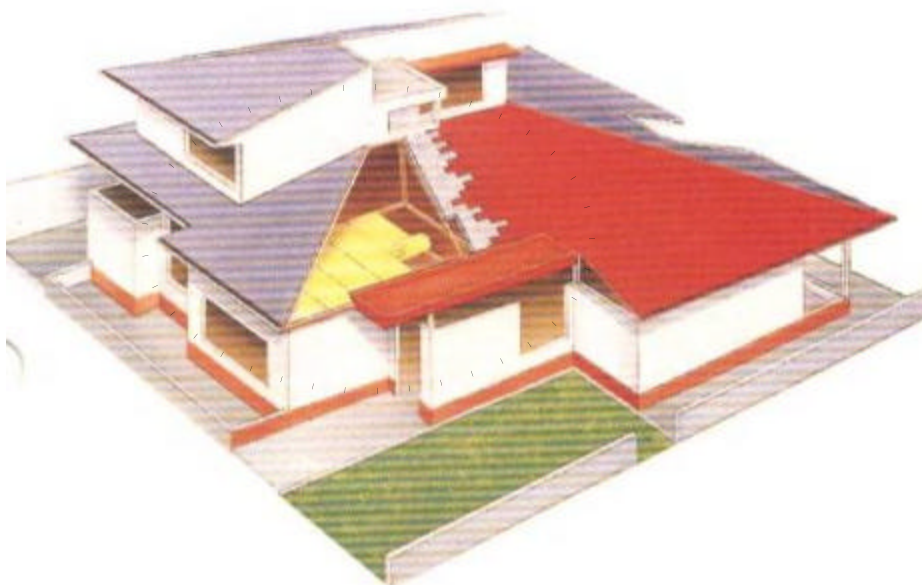
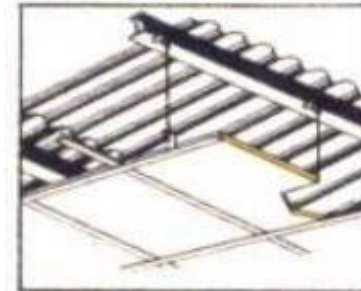
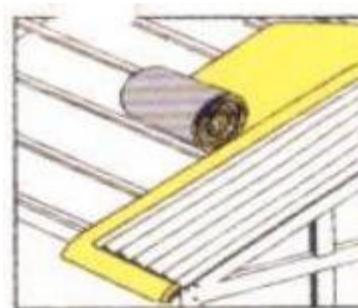
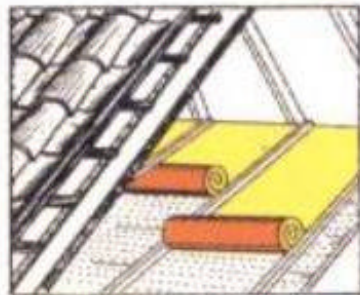
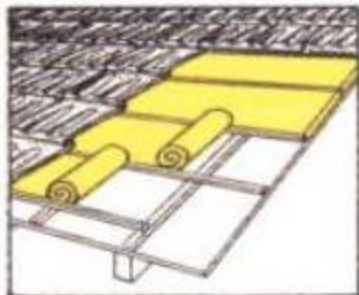
Isolamento termo-acústico em laje de cobertura.

Aplicações em paredes:



Aplicação de lã de vidro em coberturas

Aplicações em coberturas:



Aplicação de lã de vidro em tubulações

Isolante térmico cilíndrico, bi-partido de lã de vidro

Aplicações: Tubulações que operam em baixas e altas temperaturas.



Isolantes Térmicos Convencionais

◆ Lã de rocha ($\lambda = 0,045 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$)

- Principais características:

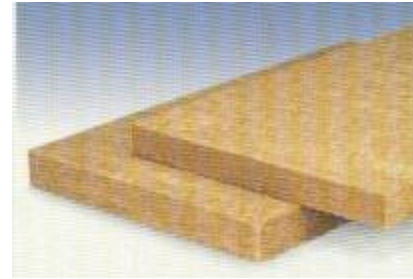
- Incombustível
- Resistência ao fogo
- Segurança
- Absorção Acústica

- Propriedades:

- Boa resiliência
- Resistência a vibrações
- Não-higroscópico
- Imputrescível
- Quimicamente neutro



Painéis rígidos
revestidos com
um filme de PVC



Painéis flexíveis,
rígidos e semi-
rígidos

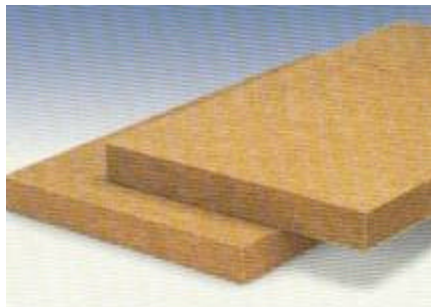


Mantas flexíveis



Tubos de lã de
rocha com alta
densidade

Lã de rocha



Painéis rígidos de alta densidade

Indicados para proteção ao fogo em estruturas metálicas



Flocos amorfos

Aplicação em sistemas ou equipamentos com difícil acesso



Segmentos rígidos em lã de rocha, suportados por um laminado de papel kraft

Utilizado para isolamento de superfícies cilíndricas

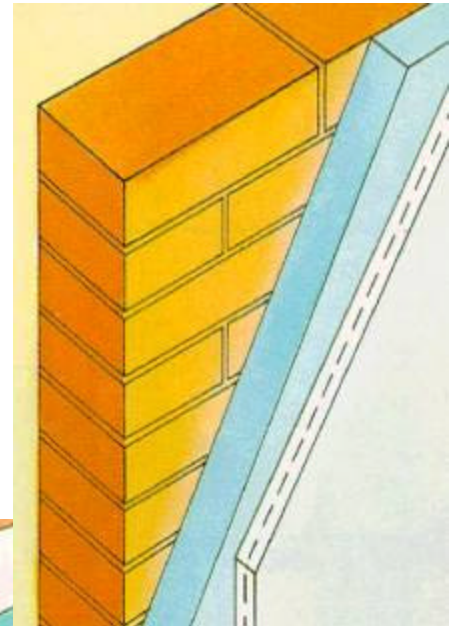
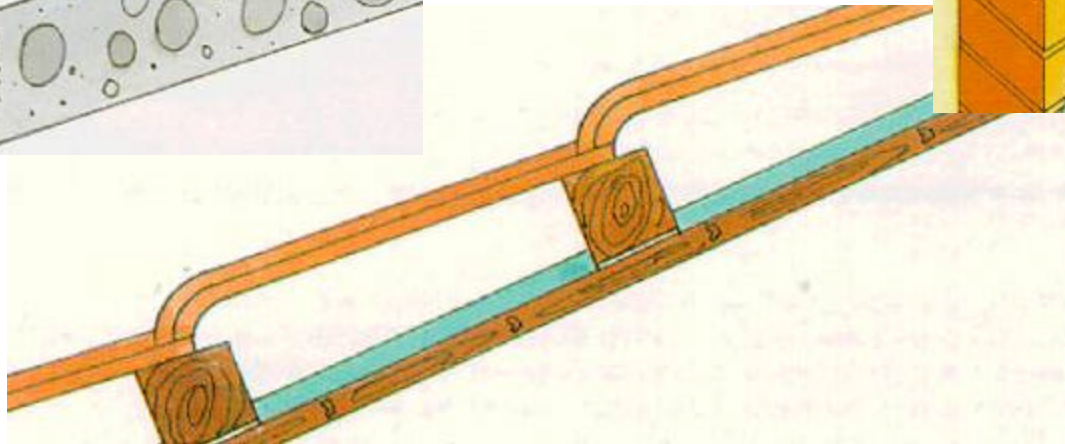
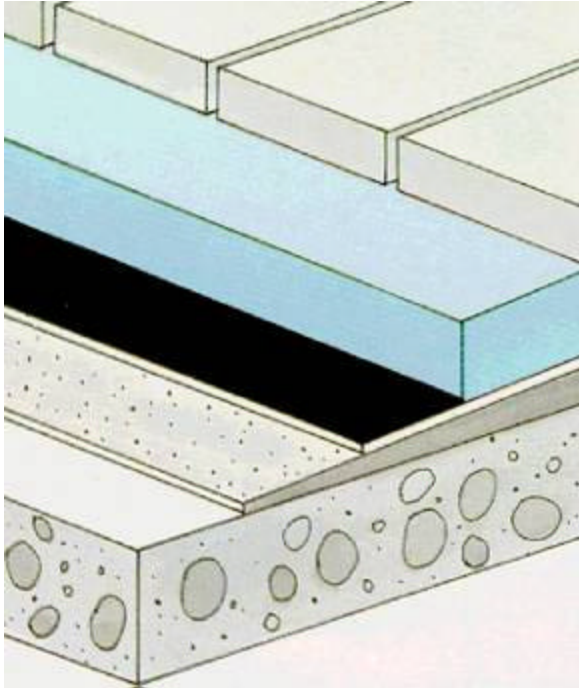


Feltros leves e flexíveis

Indicado para isolamentos termo-acústicos em superfícies irregulares, planas ou cilíndricas.

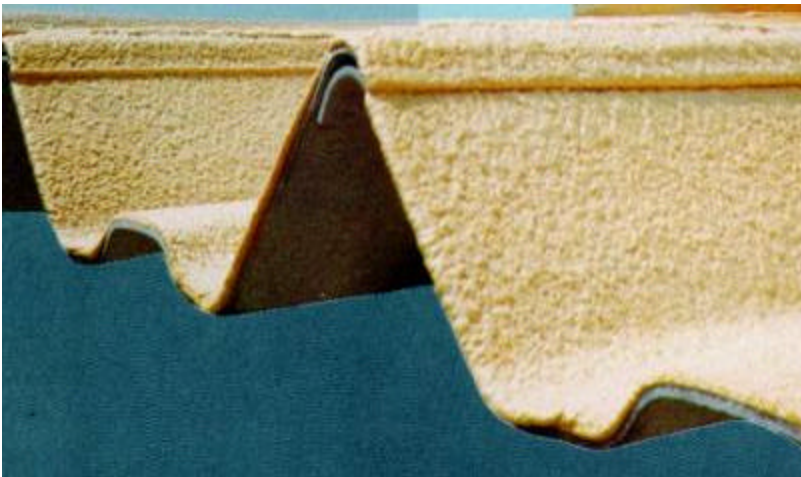
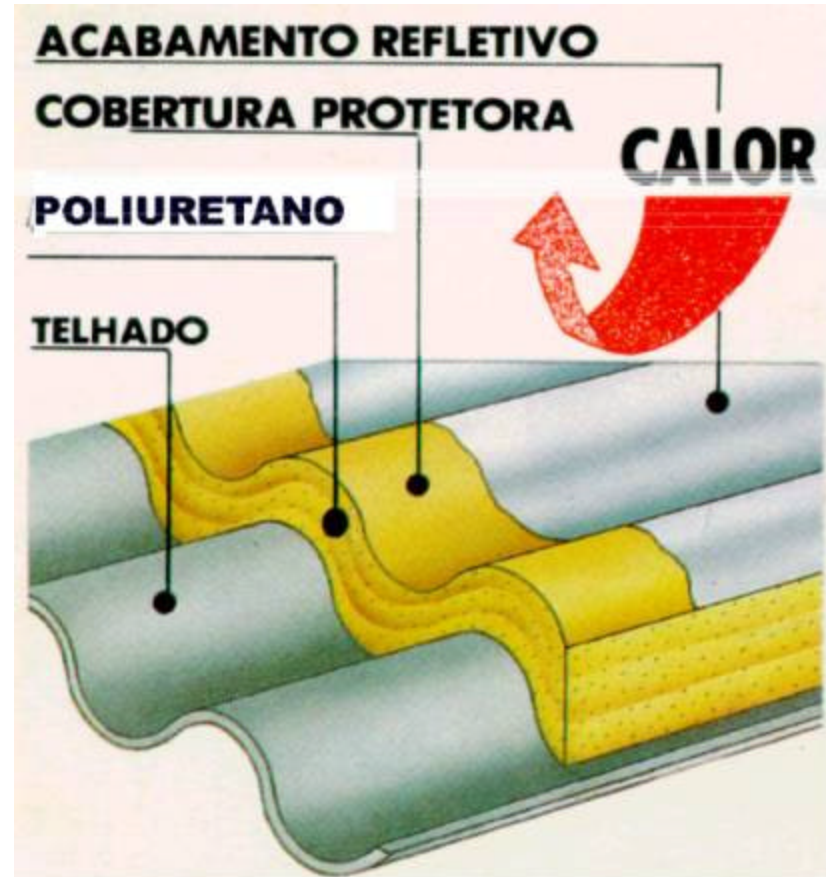
Isolantes Térmicos Convencionais

- ◆ Poliestireno ($\lambda = 0,035$ a $0,040$ W/m °C)



Isolantes Térmicos Convencionais

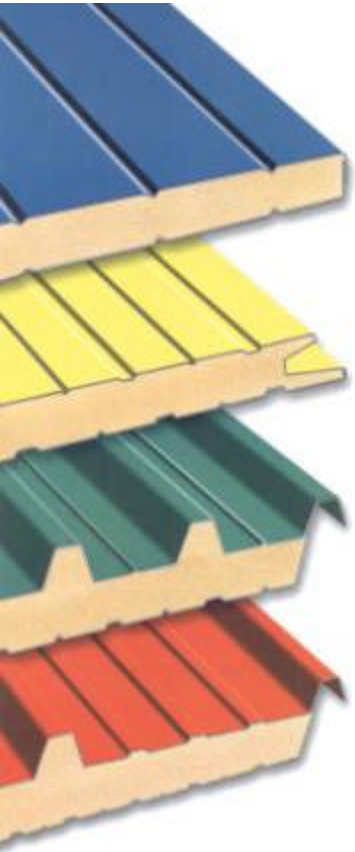
◆ Espuma de Poliuretano ($\lambda = 0,030 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$)



Espuma de poliuretano

Telhas e painéis isotérmicos compostos por chapas metálicas com núcleo em espuma de poliuretano expandido

Aplicações: coberturas, paredes internas e externas, divisórias, forros



Isolantes Térmicos Convencionais

◆ Vermiculita

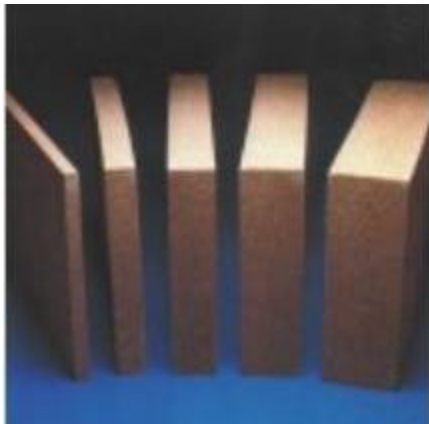


Vermiculita em grãos

Utilizada na isolação térmica e acústica de equipamentos industriais, como componente de argamassas e de concretos leves para a construção



Argamassa plástica com baixa viscosidade para assentamento de tijolos e placas termo isolantes, constituída de vermiculita expandida, argila refratária e aglomerados minerais



Placas isolantes extremamente leves, prensadas, quimicamente ligadas, à base de vermiculita expandida

Utilizada para miolos de portas, divisórias, revestimento de estufas, caldeiras, fornos, etc

Isolantes Térmicos Convencionais

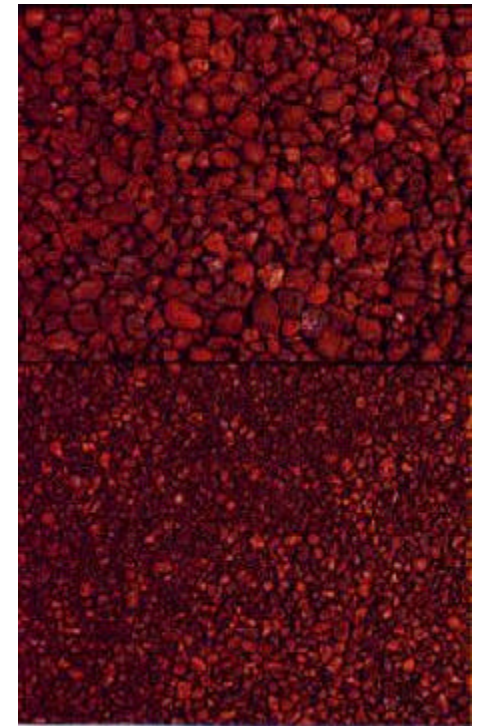
- ◆ Concreto celular
 - Menor peso
 - Não-inflamável
 - Isolante térmico
 - Isolante acústico



Isolantes Térmicos Convencionais

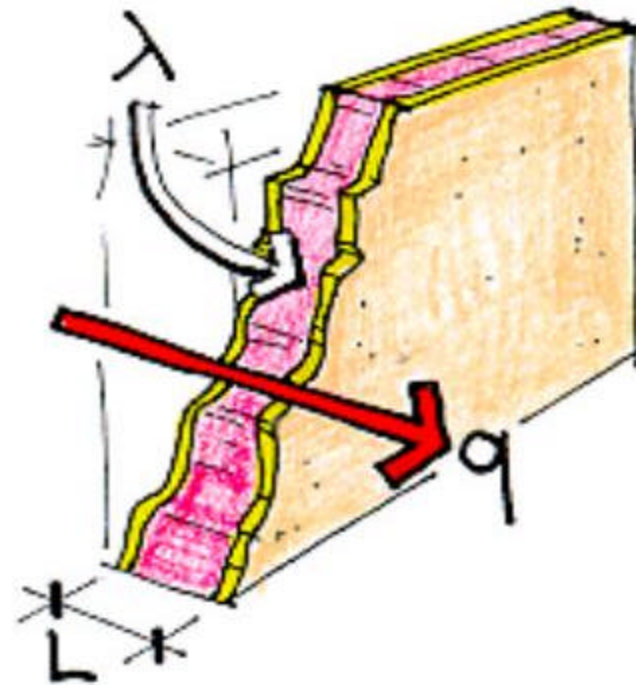
◆ Argila expandida

- leveza
- resistência
- inércia química
- estabilidade dimensional
- resistência ao fogo
- isolante térmico
- isolante acústico



$$R = \frac{L}{\lambda}$$

$$[m^2 \cdot ^\circ C / W]$$



Resistência Térmica

- ◆ Exemplos de componentes com resistência térmica igual a $0,22 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ (1 cm de lã de vidro)

Material	Espessura (cm)
Painel de lã de vidro	1,0
Concreto celular	3,8
Madeira	5,1
Tijolo	20,0
Concreto normal	39,0

Resistência Térmica de Câmaras de Ar

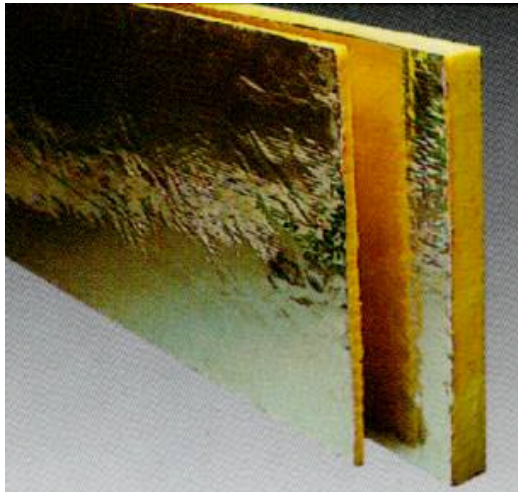
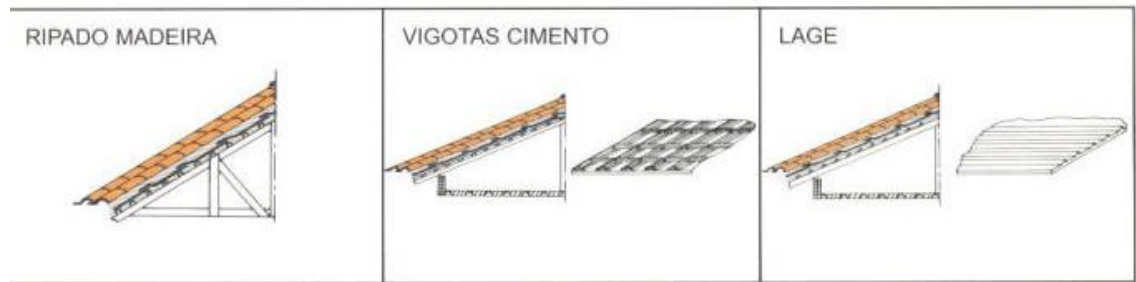
Natureza da superfície da câmara de ar	Espessura “e” da câmara de ar mm	Resistência térmica R_{ar} ($m^2.K/W$)		
		Direção do fluxo de calor		
		Horizontal	Ascendente	Descendente
		\Rightarrow	$\overline{\uparrow}$	$\overline{\downarrow}$
Superfície não refletora (caso geral) $\varepsilon > 0.8$	$10 \leq e \leq 20$	0.14	0.13	0.15
	$20 < e \leq 50$	0.16	0.14	0.18
	$e > 50$	0.17	0.14	0.21
Superfície refletora $\varepsilon < 0.2$	$10 \leq e \leq 20$	0.29	0.23	0.29
	$20 < e \leq 50$	0.37	0.25	0.43
	$e > 50$	0.34	0.27	0.61

Isolantes Reflexivos

- ◆ **Alumínio polido.** Quando usado sob a telha em telhados com forro horizontal, a resistência da câmara de ar equivale a **2,75 cm de lã de vidro**



- ◆ Emissividade = 0,05 a 0,10
- ◆ Impermeável

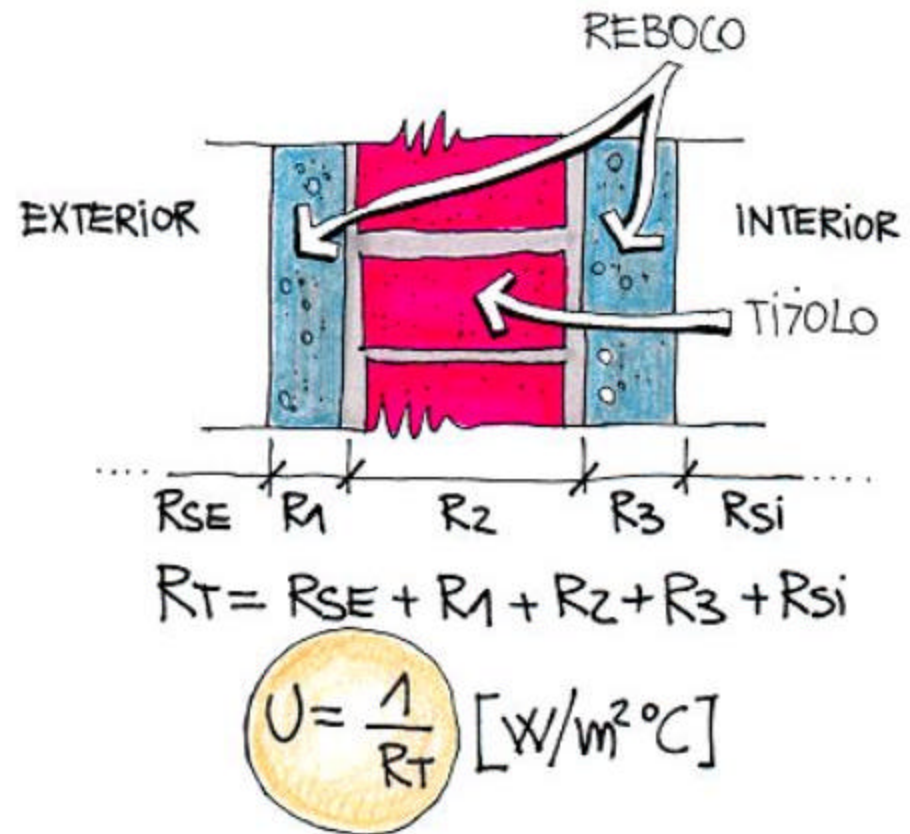


- ◆ Absortividade das superfícies externas
- ◆ Transmitância térmica
- ◆ Capacidade térmica
- ◆ Fator Solar de janelas

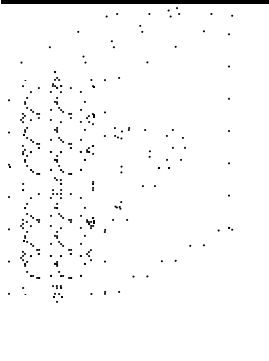

◆ Transmitância Térmica

Fluxo de calor que é transmitido através de um componente por unidade de área e por unidade de diferença de temperatura

- Símbolo: U
- Unidade: $W/m^2 \cdot ^\circ C$



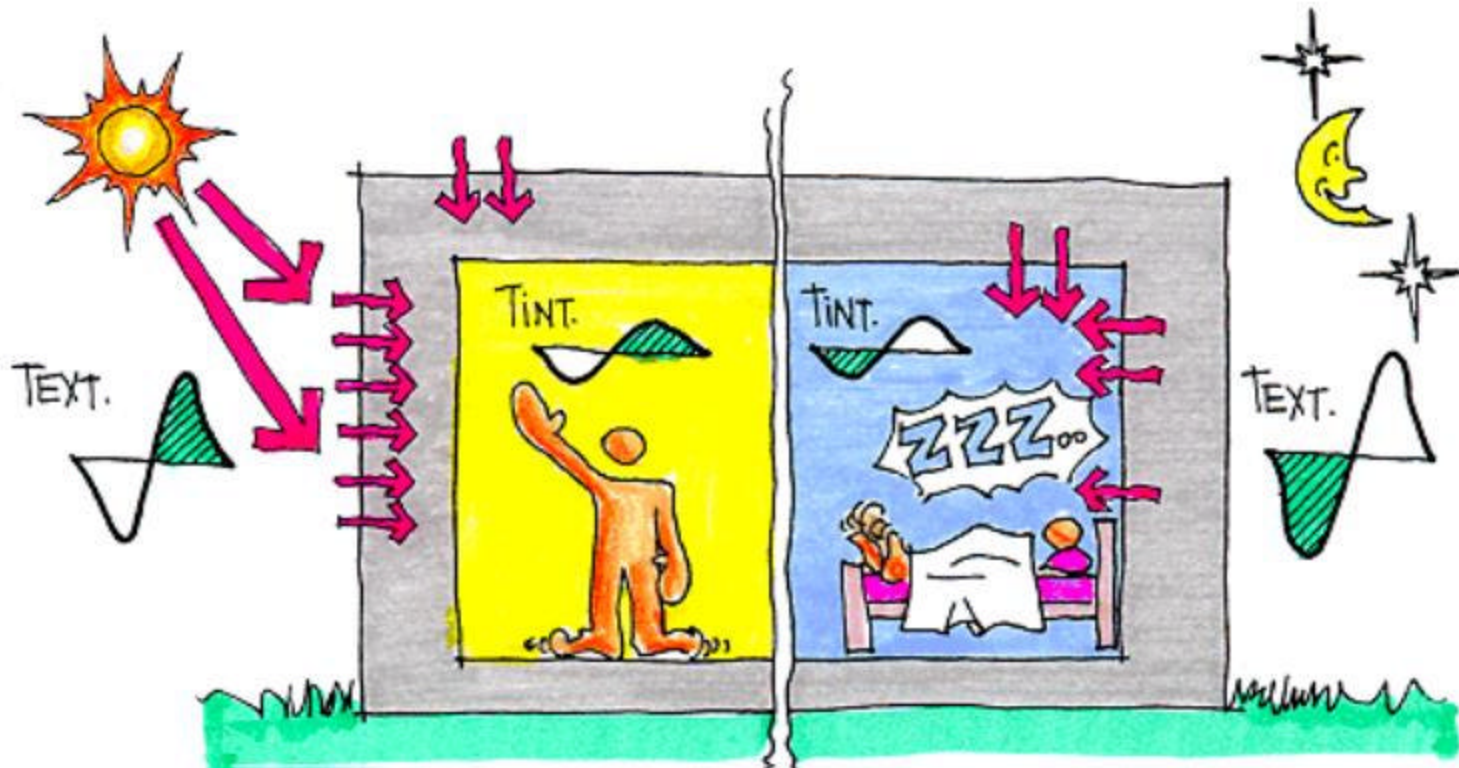
Transmitância Térmica

Parede	Descrição	U [W/m ² .°C]	C _T [kJ/m ² .C]
	Parede de tijolos de 6 furos circulares rebocada em ambas as faces (15 cm)	2,28	168
	Parede de tijolos maciços rebocada em ambas as faces (15 cm)	3,13	255

Capacidade Térmica

◆ **Capacidade Térmica** - Quantidade de calor necessária para elevar em uma unidade a temperatura de um componente, por unidade de área

- Símbolo: C_T - Unidade: $\text{kJ} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$



Conforto Acústico – noções básicas

- ◆ **Som** é a energia transmitida por ondas de pressão no ar ou outro meio, sendo a causa da sensação auditiva
- ◆ **Ruído** é um fenômeno acústico que produz uma sensação audível desagradável, sendo a causa de doenças nervosas e psicoses
- ◆ Propriedades importantes:
 - **Intensidade (I)**: pressão provocada em uma determinada superfície
 - **Frequência (f)** : é o número de vibrações por segundo (Hertz)
 - **Comprimento de onda (λ)**: parâmetro de grandeza ($\lambda = c/f$)

Nível de pressão sonora (NPS)

- ◆ O ouvido humano responde a uma larga faixa de intensidade acústica (20 a 20000 Hz)
- ◆ Mas não é sensível a valores absolutos de pressão sonora (não escutamos em dobro quando se tem duas fontes sonoras)
- ◆ Porém, o ouvido é sensível ao logaritmo da pressão sonora
- ◆ **Limiar de audibilidade** – pressão abaixo da qual o ouvido não acusa a recepção de um som ($0,00002 \text{ N/m}^2 = 2 \text{ mgf/cm}^2$)
- ◆ **Decibel (dB)** – é o logaritmo da relação entre a pressão do som de interesse e o limiar de audibilidade

$$NPS = 20 \log \frac{P}{P_o}$$

- ◆ **1 dB** é a menor variação que o ouvido humano pode **perceber**

Nível de pressão sonora (NPS)

◆ Alguns exemplos:

0 dB – limiar de audibilidade	60 dB – conversação normal
15 dB – susurro	80 dB – início da faixa insalubre
20 dB – tic-tac do relógio	100 dB – Sensação de dor
50 dB – rua tranqüila	140 dB – máximo suportado pelo ouvido humano

◆ Níveis de conforto recomendados pela NBR 10152

Quarto de dormir	25 a 30 dB
Sala de aula	42 dB
Enfermaria	40 dB
Áreas industriais	85 dB

Isolamento e absorção acústica

◆ Isolamento acústico

- Capacidade de certos materiais de impedir que a onda sonora passe de um recinto para outro
- Normalmente são utilizados **materiais pesados**. Ex: *concreto, chumbo, vidro*

◆ Absorção acústica

- Trata do fenômeno que minimiza a reflexão das ondas sonoras num mesmo ambiente
- Além de diminuir os níveis de pressão sonora no ambiente, melhora-se a **inteligibilidade**
- Normalmente são utilizados **materiais leves, fibrosos ou de poros abertos**. Ex: *espumas de poliéster de células abertas, fibras cerâmicas e de vidro, tecidos, carpetes*

◆ Isolamento de ruídos aéreos:

- Paredes: lei de massa – dobrando-se a massa (kg/m^2), a perda por transmissão é de 5 dB.
 - Parede de alvenaria isola 45 dB
 - Parede dupla com câmara de ar isola 55 dB
- Janelas:
 - Usar vidros duplos de espessuras diferentes + câmara de ar 8 a 13 cm
 - Vedar frestas
- Portas:
 - Rechear com material acústico absorvente ou isolante
 - Usar dobradiças especiais, embutidas
 - Nos batentes: feltro ou borracha de neoprene
 - Uma porta comum isola 18 dB. A porta tratada isola cerca de 40 dB.

◆ Isolamento de ruídos de impacto:

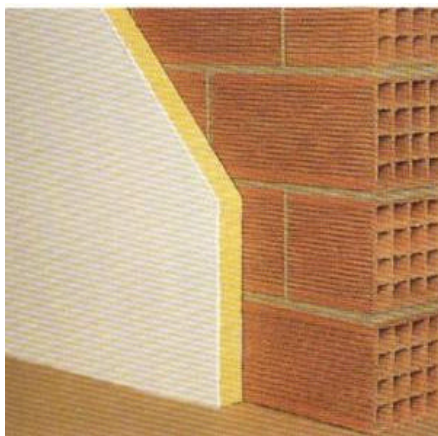
- Piso: de borracha
- Tapete e forro
- Lajes flutuantes

◆ Absorção

- Mecanismo resitivo
 - Materiais absorventes (lã de vidro, lã de rocha, espumas)
 - Mecanismo reativo
 - Ressonador de Helmholtz
 - Placa vibrante
 - Mecanismo ativo
 - Cancelamento de ruído por outro campo gerador
-

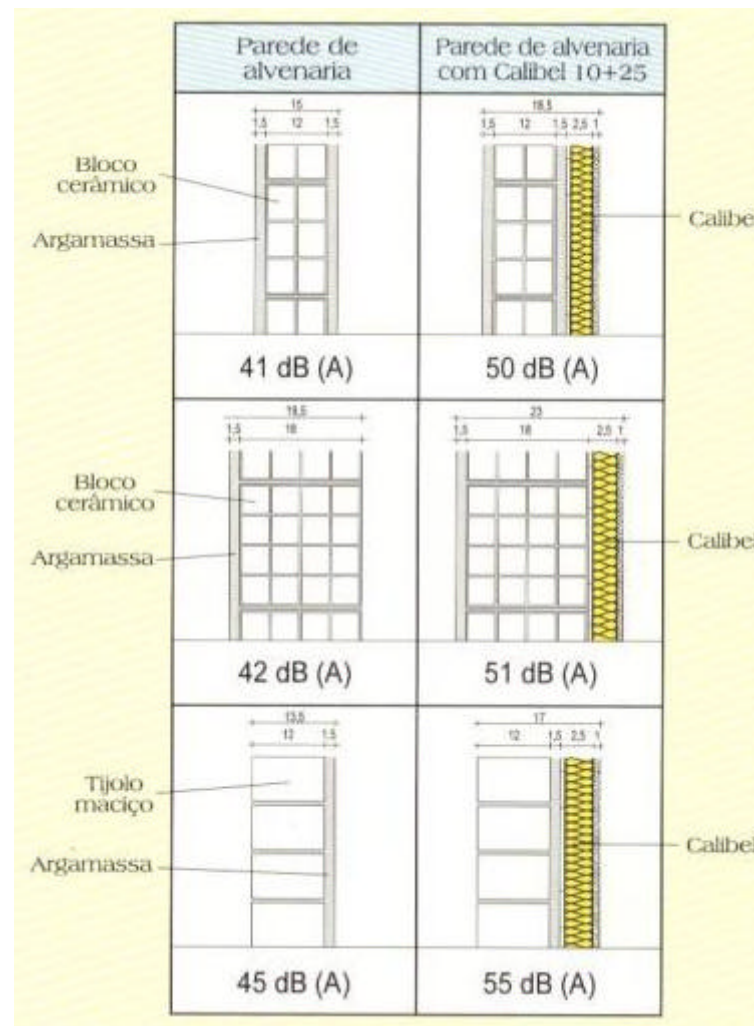
Isolantes acústicos

- ◆ Produto: CALIBEL – ISOVER
- ◆ Revestimento termo-acústico para parede
- ◆ Composto por um painel rígido de **lã de vidro de alta densidade** (25mm) colado a uma placa de **gesso acartonado** (10mm)
- ◆ Aplicação: Residencial, industrial e comercial



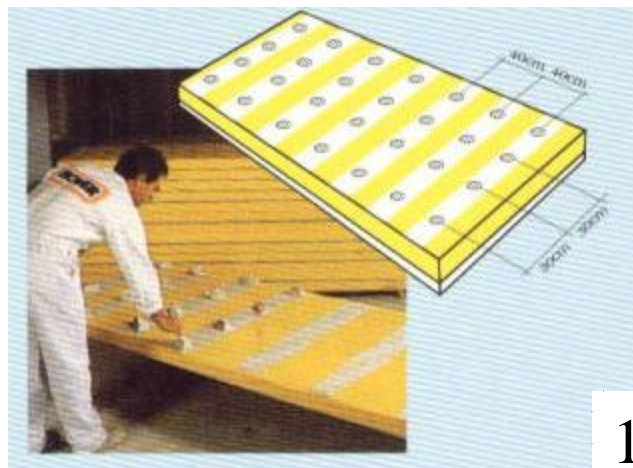
◆ Dimensões:
1,20 x 2,60 m

◆ Resistência
térmica:
0,78 m².°C/W

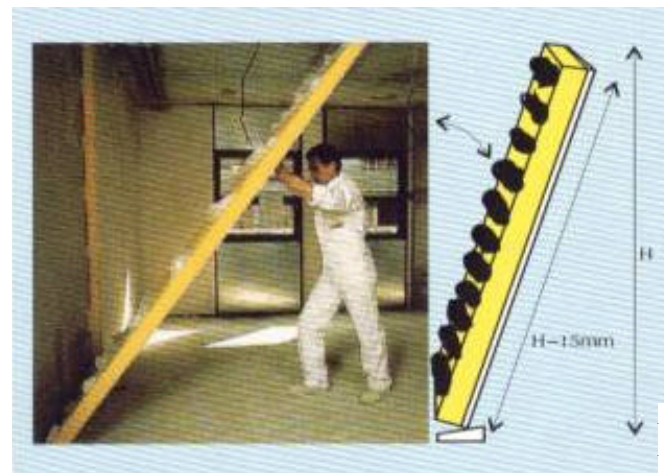


Isolantes acústicos

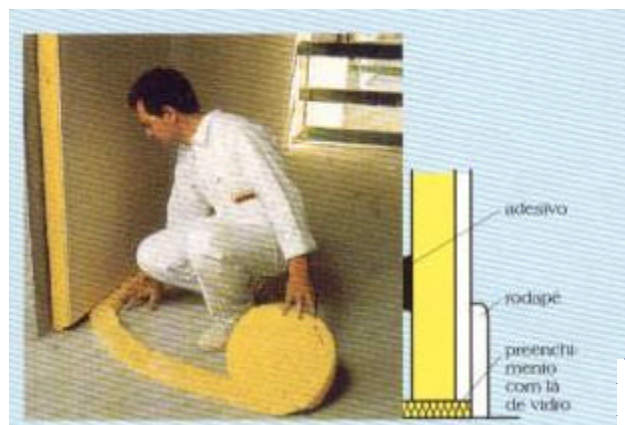
◆ Produto: CALIBEL – ISOVER (instalação)



1



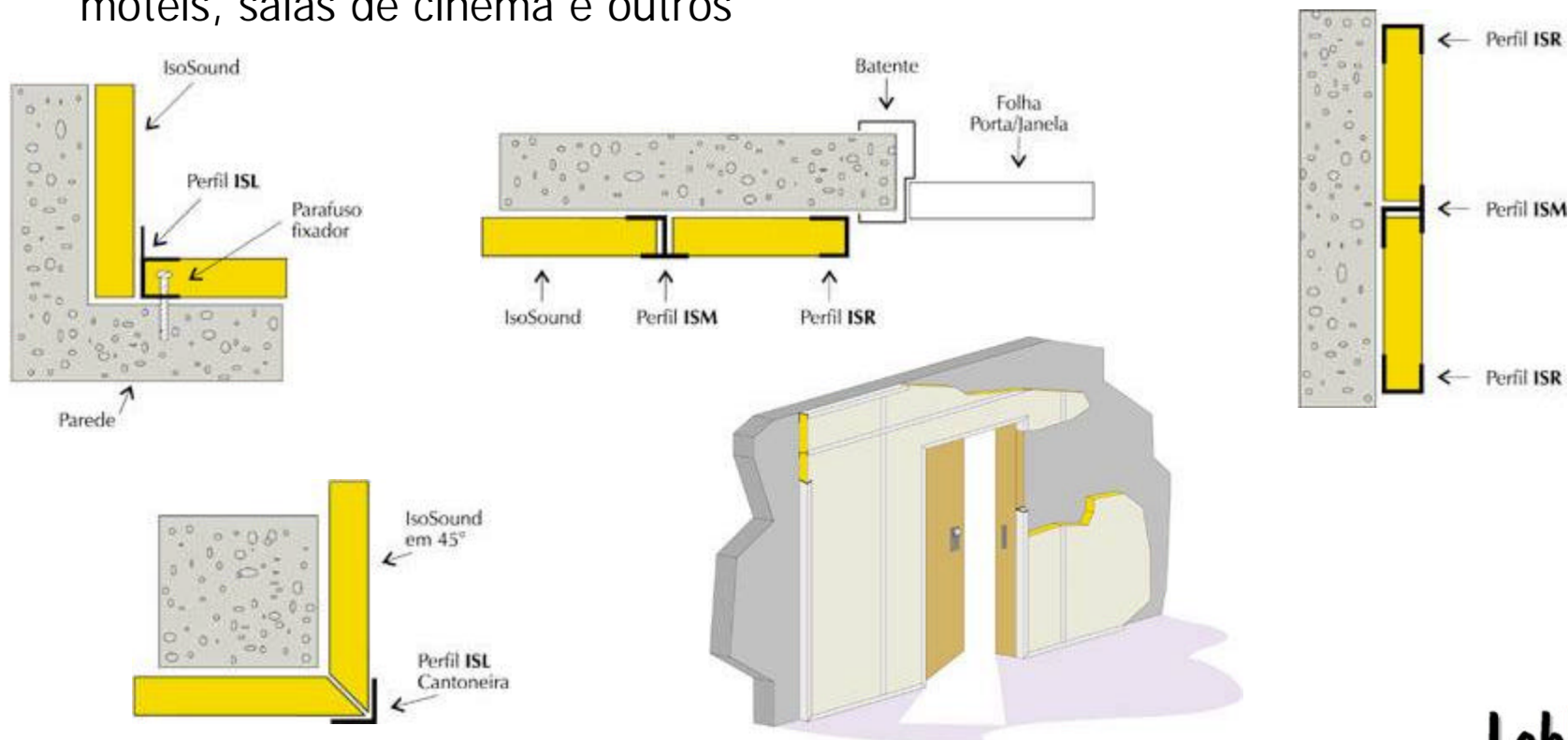
2



3

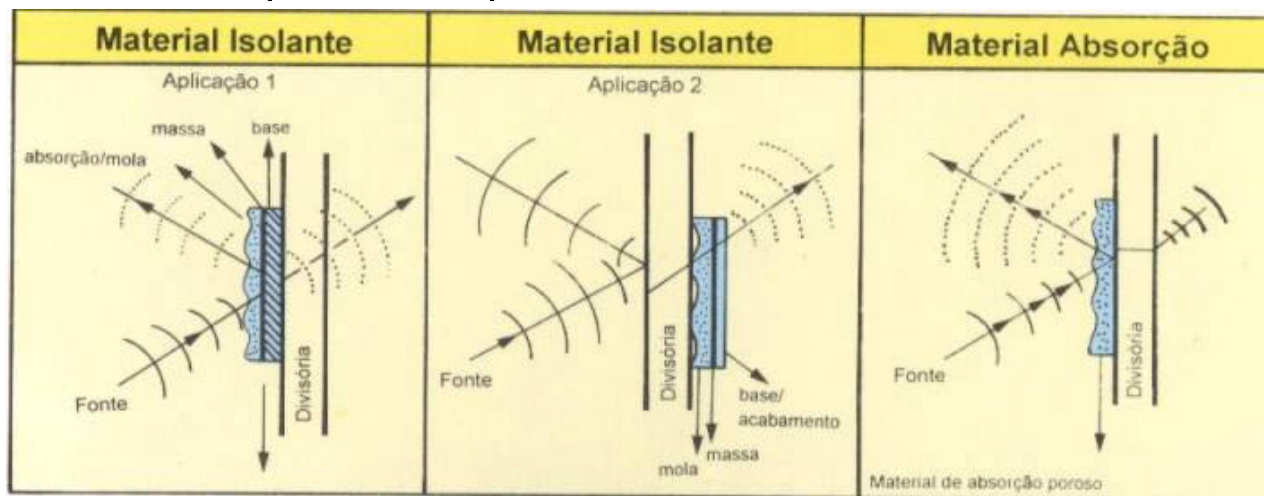
Isolantes acústicos

- ◆ Produto: ISOSOUND - ISOVER
- ◆ É um painel rígido, constituído por **lã de vidro** (2,40 x 1,20 m)
- ◆ Aplicação: Tratamento acústico de todo tipo de recintos industriais, teatros, auditórios, home theaters, salas de videoconferência, estúdios, hotéis, motéis, salas de cinema e outros



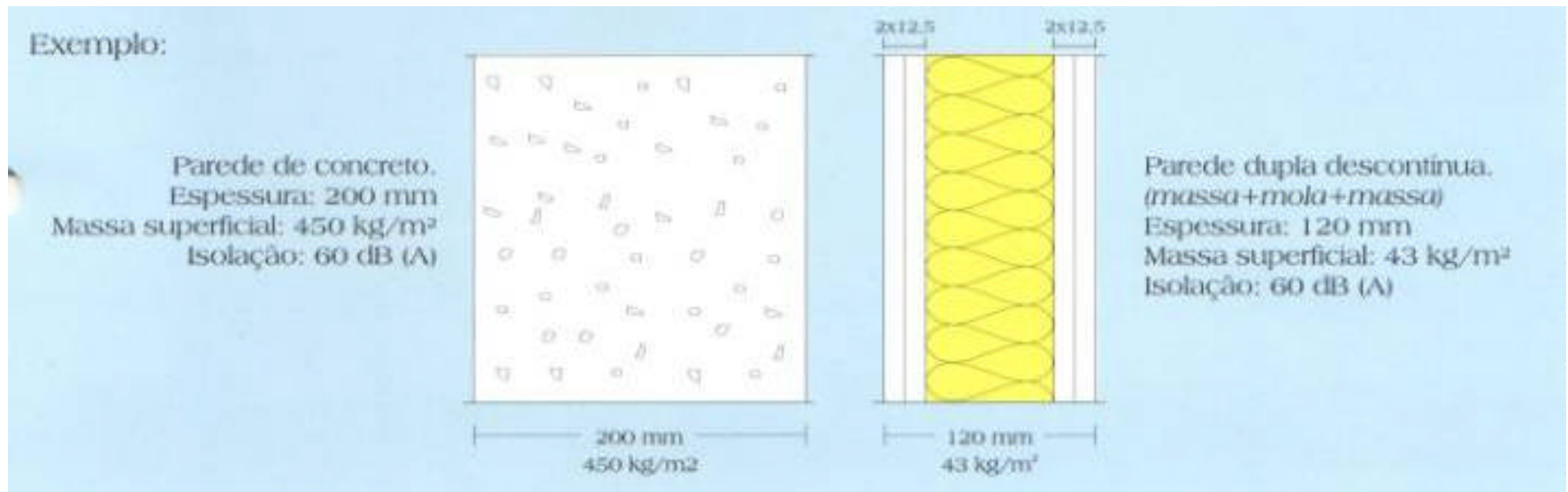
Isolantes acústicos

◆ ARTCUSTIC (espuma de poli-éter-uretano) – ART SPUMA



Isolantes acústicos

- ◆ Produto: Wallfelt – ISOVER
- ◆ Isolação térmica e acústica para paredes de gesso
- ◆ Feltro flexível constituído por lã de vidro (rolos de 1,2 m de largura)
- ◆ Material extremamente leve
- ◆ Incombustível



Isolamentos acústicos

◆ Wallfelt – instalação:



Isolamentos acústicos

- ◆ Produto: Ethafoam – DOW (Espuma de Polietileno)
- ◆ Isolamento acústico para pisos



Isolamentos acústicos

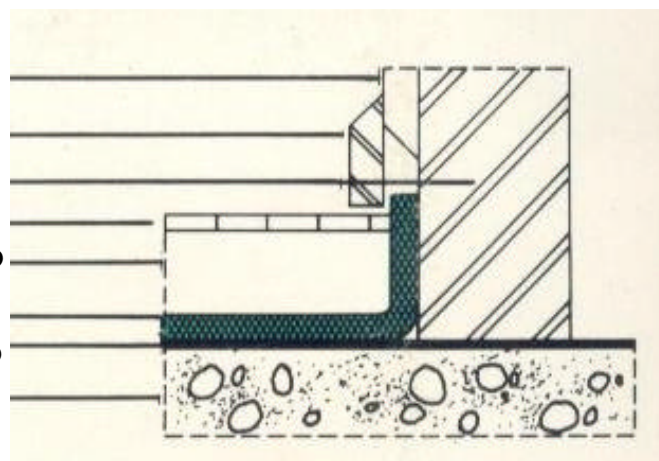


Piso flutuante

◆ Vendido em rolos de 1,50 x 75,0 m

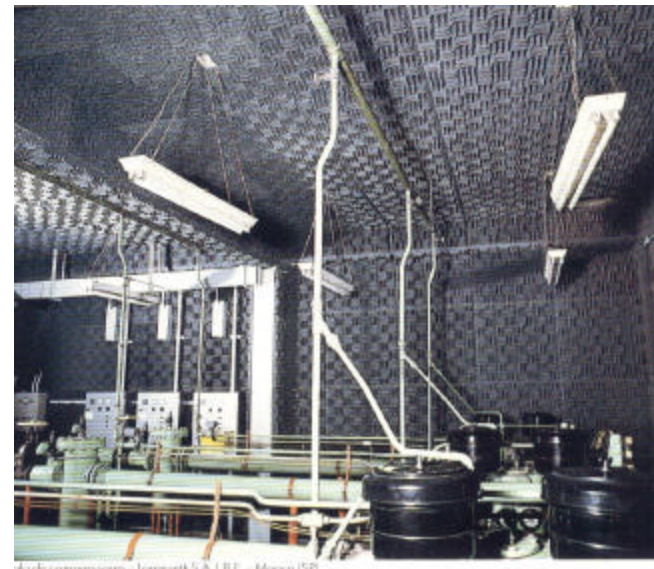
Detalhe construtivo:

Reboco
Rodapé
Parede
Assoalho
Contrapiso
Isolante
Argamassa de regularização
Laje estrutural



Isolamentos acústicos

- ◆ Produto: Sonex – ILLBRUCK (placas de 1,00 x 1,00 m)
- ◆ Placas acústicas – Espuma flexível de poliuretano e poliéster
- ◆ Absorvedor acústico de alto desempenho
- ◆ Aplicação: Estúdios, escritórios, áreas industriais, salas de computadores, auditórios
- ◆ Instalação: Colado diretamente em alvenaria, gesso, madeira, metal e vidro



Isolamentos acústicos

- ◆ Esquadrias de PVC com vidro duplo
- ◆ Isolamento Térmico e acústico
- ◆ Não requer pintura
- ◆ Disponível em 3 cores: branco, preto, mogno

