



Isolamento Térmico e Acústico de Edificações

Eng. Dr. Fulvio Vittorino

Fis. Ms. Marcelo de Mello Aquilino

Sumário da Apresentação



Térmica

- Conforto Térmico em Ambientes
- Salubridade Térmica em Locais de Trabalho - Parâmetros e Limites (Calor e Frio)
- Normas Relevantes para Avaliar o Conforto Térmico
- ISO 7730
- NBR 15220
- NBR 15575
- Isolação x Inércia Térmica
- Exemplos de sistemas construtivos
- Avaliação de desempenho por simulação computacional

Acústica

- Conforto Acústico em Ambientes - Parâmetros e Limites
- Salubridade Acústica em Locais de Trabalho - Parâmetros e Limites
- Normas Relevantes para a Avaliação de Conforto Acústico
- NBR 10151 - Ruído Ambiental
- NBR 10152 - Ruído no Interior de Edificações
- NBR 15575
- Isolação Sonora x Absorção Sonora
- Exemplos de Isolação de Som Aéreo
- Exemplos de Isolação de ruído de impacto em piso

— Como Avaliar um Ambiente?

- O ambiente deve ter determinadas características construtivas e de projeto?
- As características construtivas do ambiente devem atender à legislação e a normas técnicas?

ou

- Condições satisfatórias de **Conforto Térmico** para os usuários?
- Condições ambientais adequadas a processos produtivos?

A sensação de conforto...



Conforto Térmico



- **Definição:** *Estado de espírito que expressa satisfação de uma pessoa com o ambiente térmico.*
- Devido às grandes variações fisiológicas e psicológicas existentes entre as várias pessoas de uma mesma população, **é praticamente impossível** satisfazer a todos os ocupantes de um espaço.

— Conforto Térmico Global

Parâmetros primários que afetam a sensação de conforto:

- Temperatura do ar;
- Umidade do ar;
- Velocidade do ar;
- Temperatura radiante média do ambiente;
- Atividade dos ocupantes;
- Vestimenta dos ocupantes.



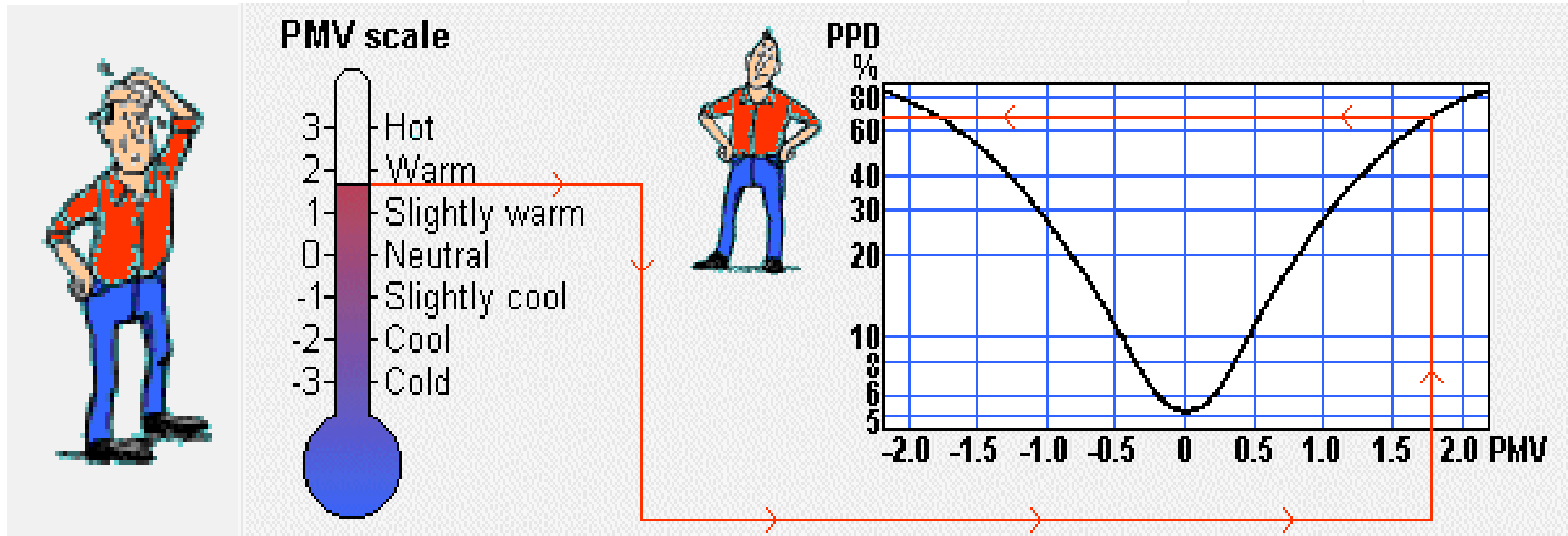
Escala de Conforto da ISO 7730

Voto Médio Estimado



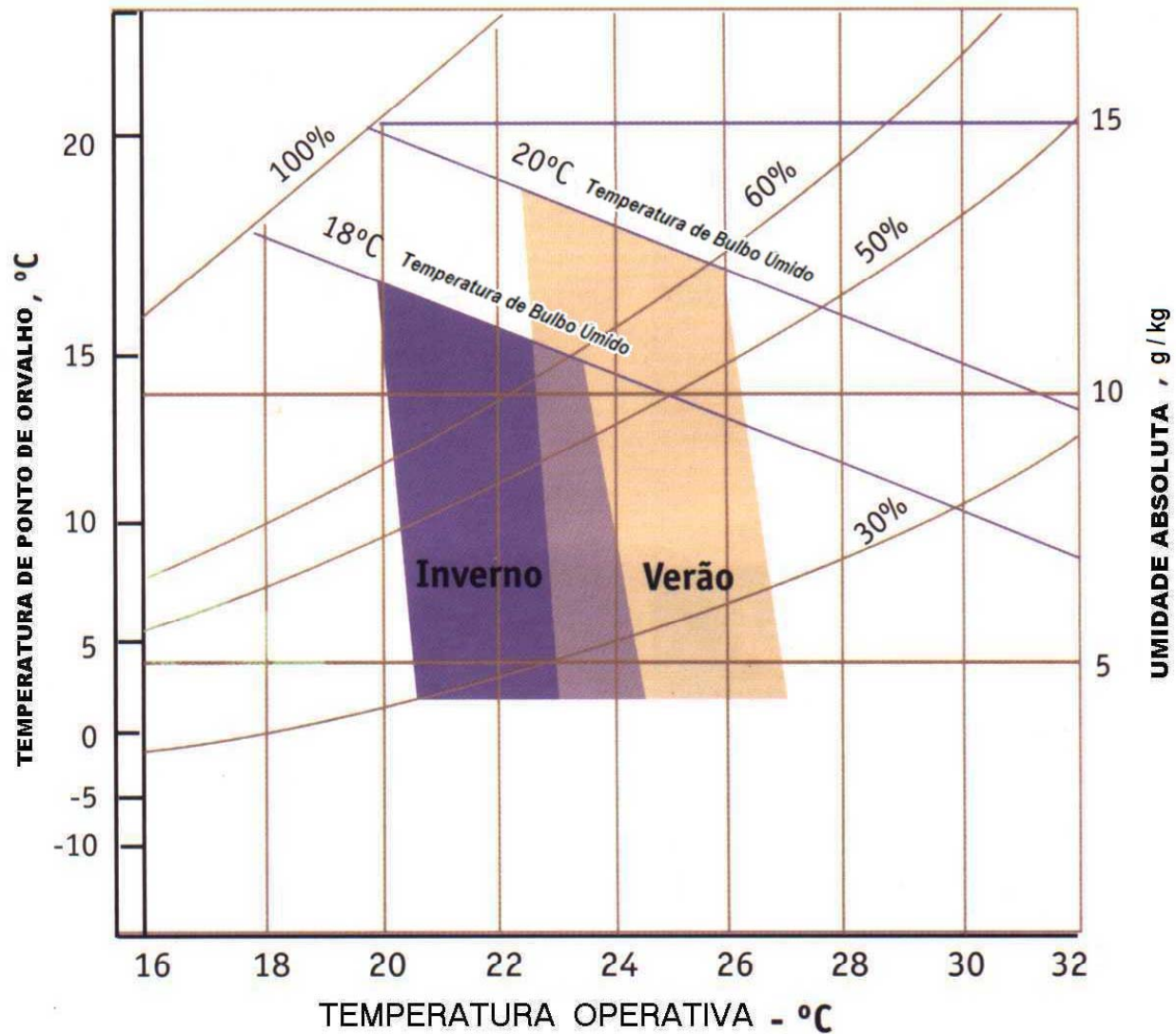
O **Voto Médio Estimado** ou **Predicted Mean Vote** é um índice usado para quantificar o grau de desconforto de um grupo de pessoas.

VME e PPD



- O índice VME (PMV) é relacionado com a Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD- Predicted Percentage of Dissatisfied) com o ambiente térmico.

Índices de Conforto Térmico – Versão antiga da Norma 55 da ASHRAE



Desconforto Térmico Localizado



- ✘ Circulação Intensa de Ar Frio (Draught)



- ✘ Assimetria de Radiação

- ✘ 5K forro quente
- ✘ 14K – forro frio
- ✘ 23K – Parede Quente
- ✘ 10K – Parede fria



- ✘ Diferença Vertical na Temperatura do Ar
- ✘ A diferença de temperatura entre pés e cabeça deve ser menor que 3°C.



- ✘ Temperatura do Piso
- ✘ A temperatura aceitável para o piso deve estar entre 19 a 29°C.

Exigências Normativas e Legislativas

- Norma ISO 7730 e NBR 16401-2
 - Porcentagem máxima de pessoas insatisfeitas menor do que 10%.
- Norma Regulamentadora 17 do Ministério do Trabalho:
 - Temperatura Efetiva entre 20°C e 23°C.
 - Umidade Relativa > 40%.
 - Velocidade do ar < 0,75 m/s.
- Norma Regulamentadora 15 do Ministério do Trabalho:
 - Valores limites de IBUTG em função do tipo de atividade.

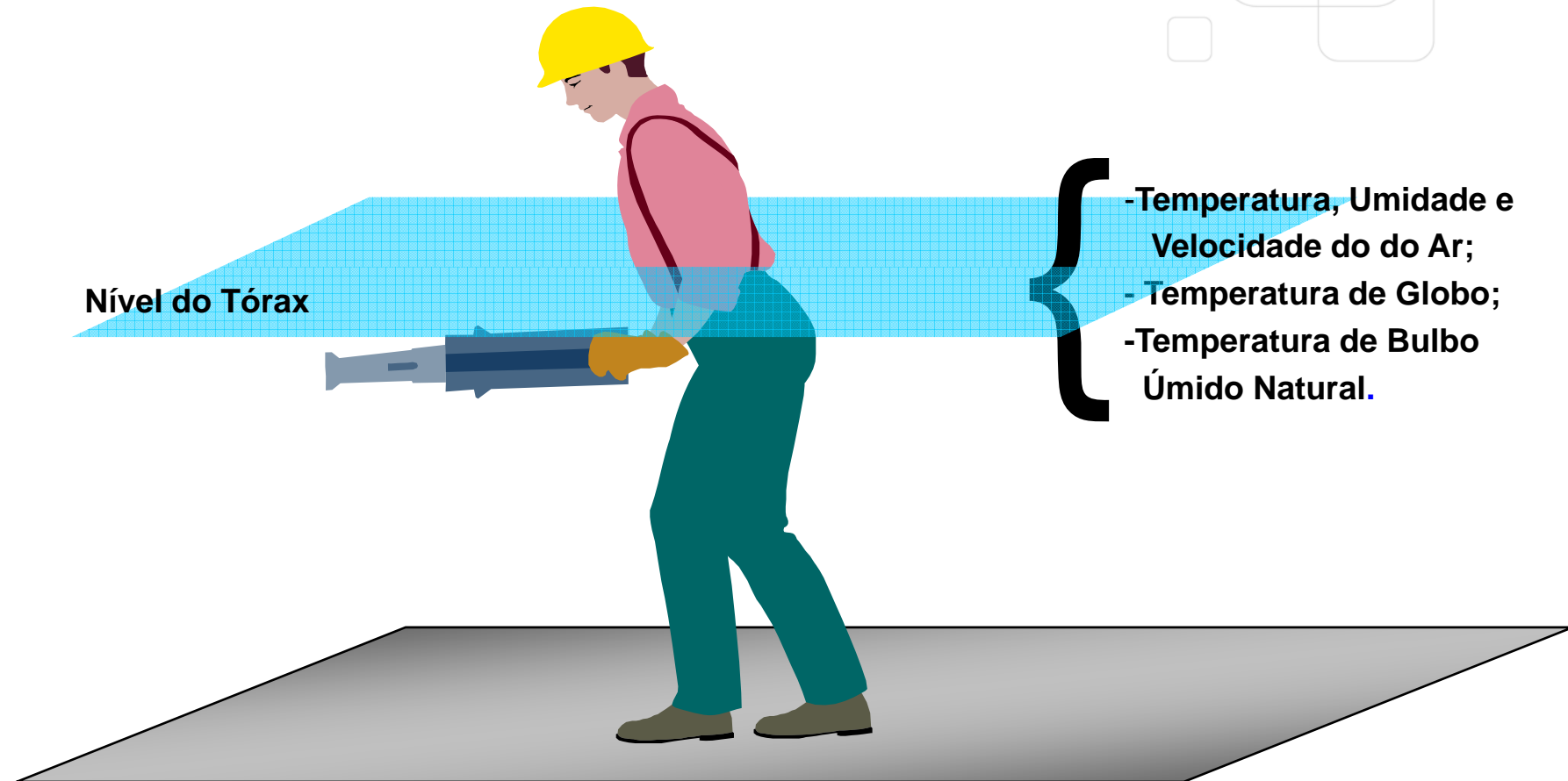
— Valores de IBUTG apresentados pela NR 15:



| Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho (por hora) | Tipo de Atividade | | |
|--|-------------------|------------------|------------------|
| | Leve | Moderada | Pesada |
| Trabalho contínuo | até 30,0 | até 26,7 | até 25,0 |
| 45 minutos de trabalho 15 minutos de descanso | 30,1 a 30,6 | 26,8 a 28,0 | 25,1 a 25,9 |
| 30 minutos de trabalho 30 minutos de descanso | 30,7 a 31,4 | 28,1 a 29,4 | 26,0 a 27,9 |
| 15 minutos de trabalho 45 minutos de descanso | 31,5 a 32,2 | 29,5 a 31,1 | 28,0 a 30,0 |
| Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle | acima de 32,2 | Acima de 31,1 | Acima de 30,0 |

Pontos de Medição

Condições de Sobrecarga Térmica



— Sobrecarga Térmica

- Todos os limites mundiais de IBUTG são aproximadamente os mesmos.
- Os valores limites de norma **NÃO** são os máximos toleráveis pelo ser humano. Há um “**coeficiente de segurança**”.
- A NR 15 adota os valores que fornecem maior proteção ao trabalhador.
- Valores válidos para:
 - Trabalhadores aclimatados; e
 - Uniformes “de verão” e permeáveis ao vapor d’água (isolamento térmico de 0,5 clo)

NBR 15220-Desempenho térmico de edificações



- Parte 1: Definições, símbolos e unidades;
- Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações;
- Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social
- Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;
- Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

NBR 15220-Parte 3

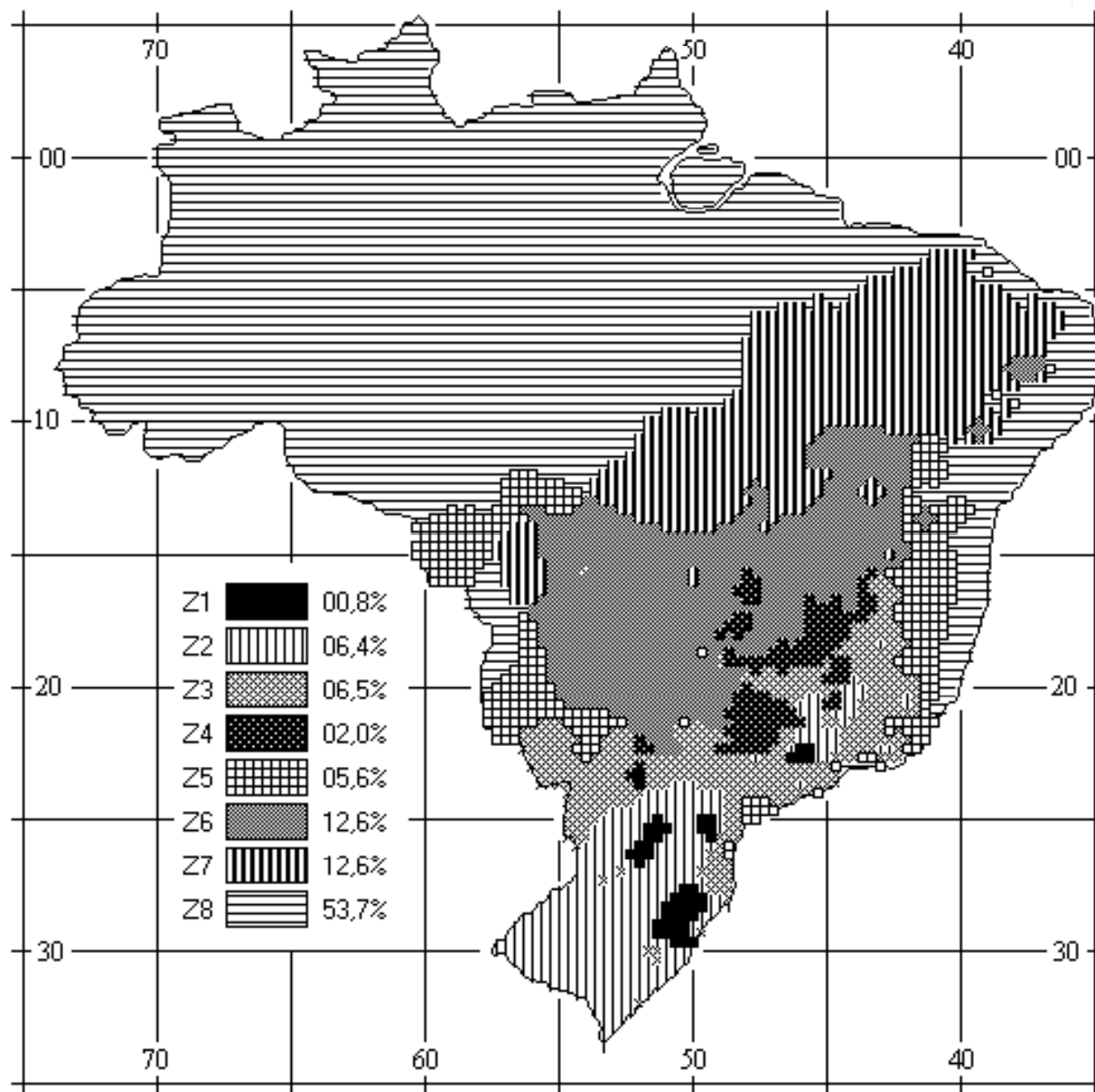


- **1 Objetivos e campo de aplicação**
- **1.1** Esta Norma **estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro** que embasa um conjunto de **recomendações e estratégias** construtivas destinadas às habitações unifamiliares de interesse social.
- **1.2** Esta Norma estabelece **recomendações e diretrizes construtivas, sem caráter normativo**, para adequação climática de habitações unifamiliares de interesse social, com até três pavimentos.

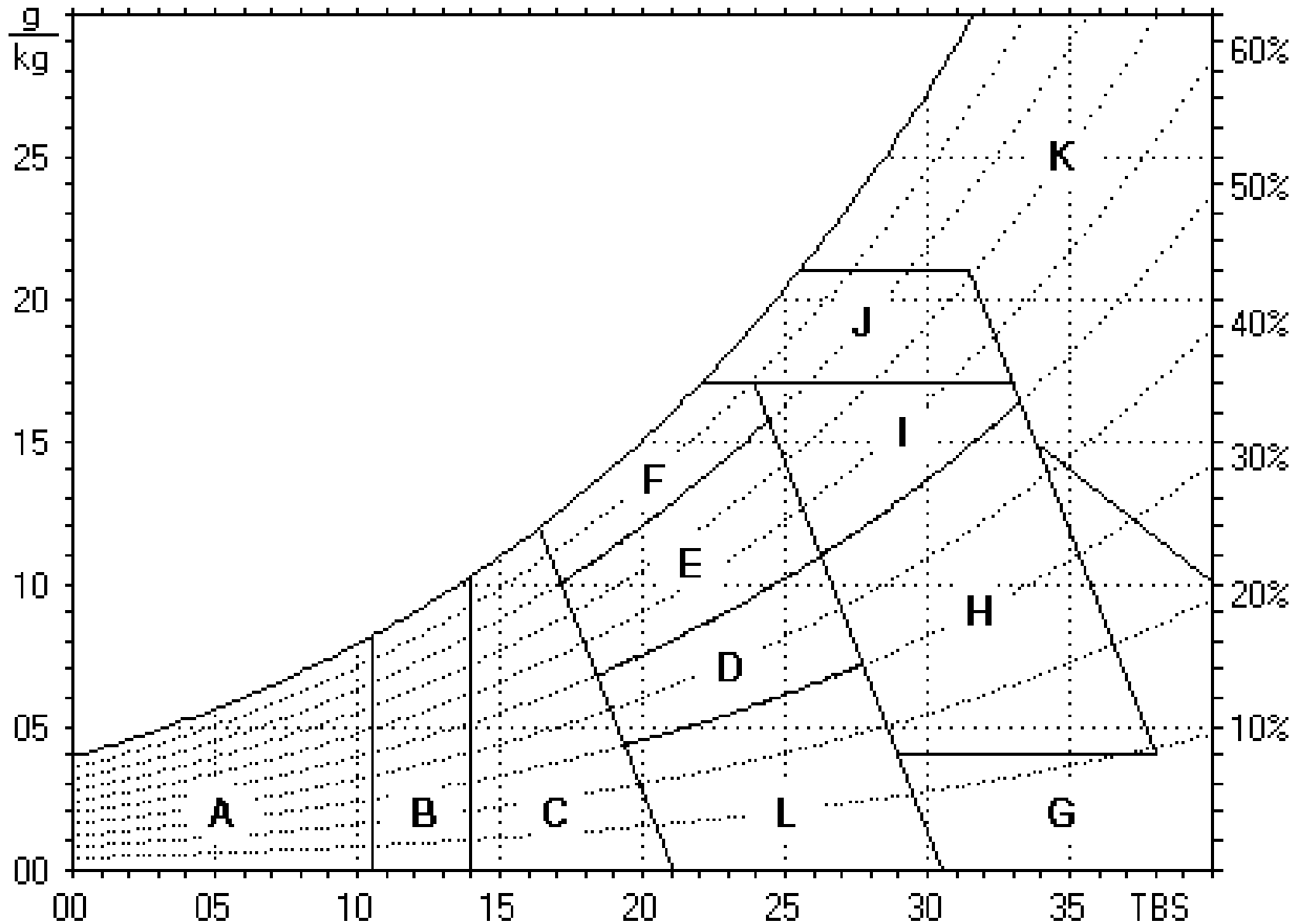
NBR 15220-Parte 3

- “Esta Norma **não trata dos procedimentos para avaliação do desempenho térmico** de edificações, os quais podem ser elaborados através de cálculos, de medições in loco ou de simulações computacionais.”
- **Anexo C (informativo) : Recomendações e diretrizes construtivas para adequação da edificação ao clima local**

Zoneamento Bioclimático



NBR 15220 – Parte 3 Diretrizes



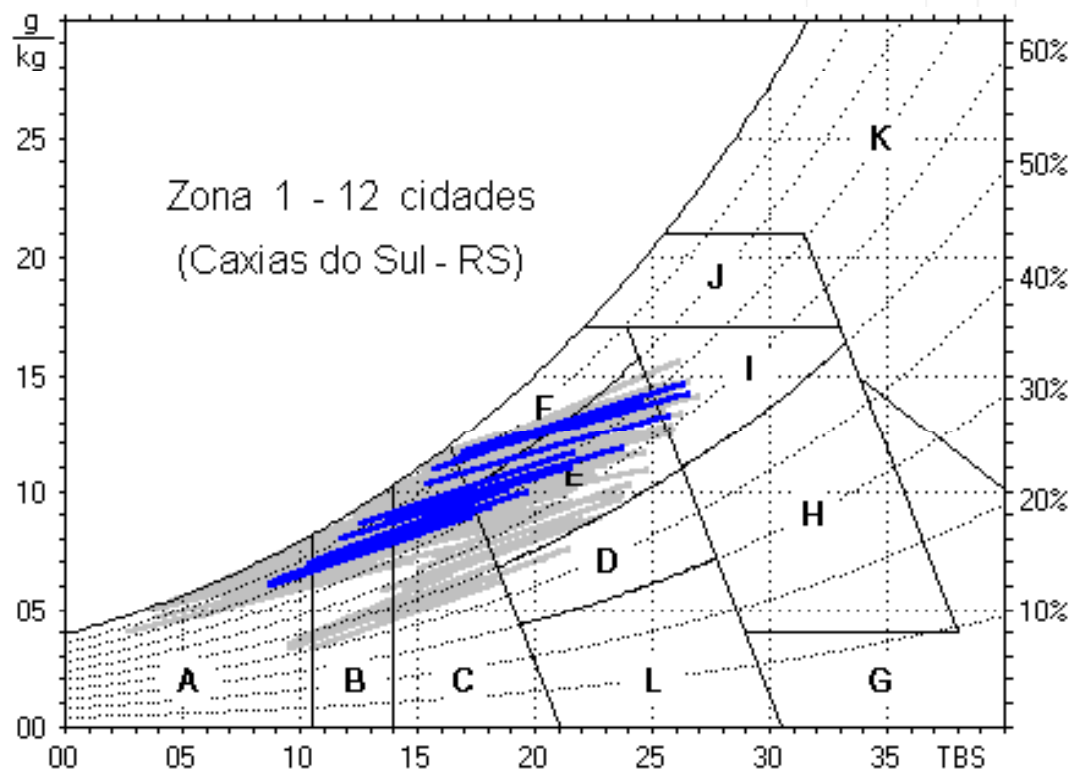
Estratégias BioClimáticas

- A – Zona de aquecimento artificial (calefação)
- B – Zona de aquecimento solar da edificação
- C – Zona de massa térmica para aquecimento
- D – Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)
- E – Zona de Conforto Térmico
- F – Zona de desumidificação (renovação do ar)
- G + H – Zona de resfriamento evaporativo
- H + I – Zona de massa térmica de refrigeração
- I + J – Zona de ventilação
- K – Zona de refrigeração artificial
- L – Zona de umidificação do ar



| Aberturas para ventilação | A (em % da área de piso) |
|---------------------------|--------------------------|
| Pequenas | $10\% < A < 15\%$ |
| Médias | $15\% < A < 25\%$ |
| Grandes | $A > 40\%$ |

Zona 1



| | |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Aberturas para ventilação | Sombreamento das aberturas |
| Médias | Permitir sol durante o período frio |

| |
|-------------------------|
| Vedações externas |
| Parede: Leve |
| Cobertura: Leve Isolada |

| | |
|---------|---|
| Estação | Estratégias de condicionamento térmico passivo |
| Inverno | B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica) Nota: O condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano |

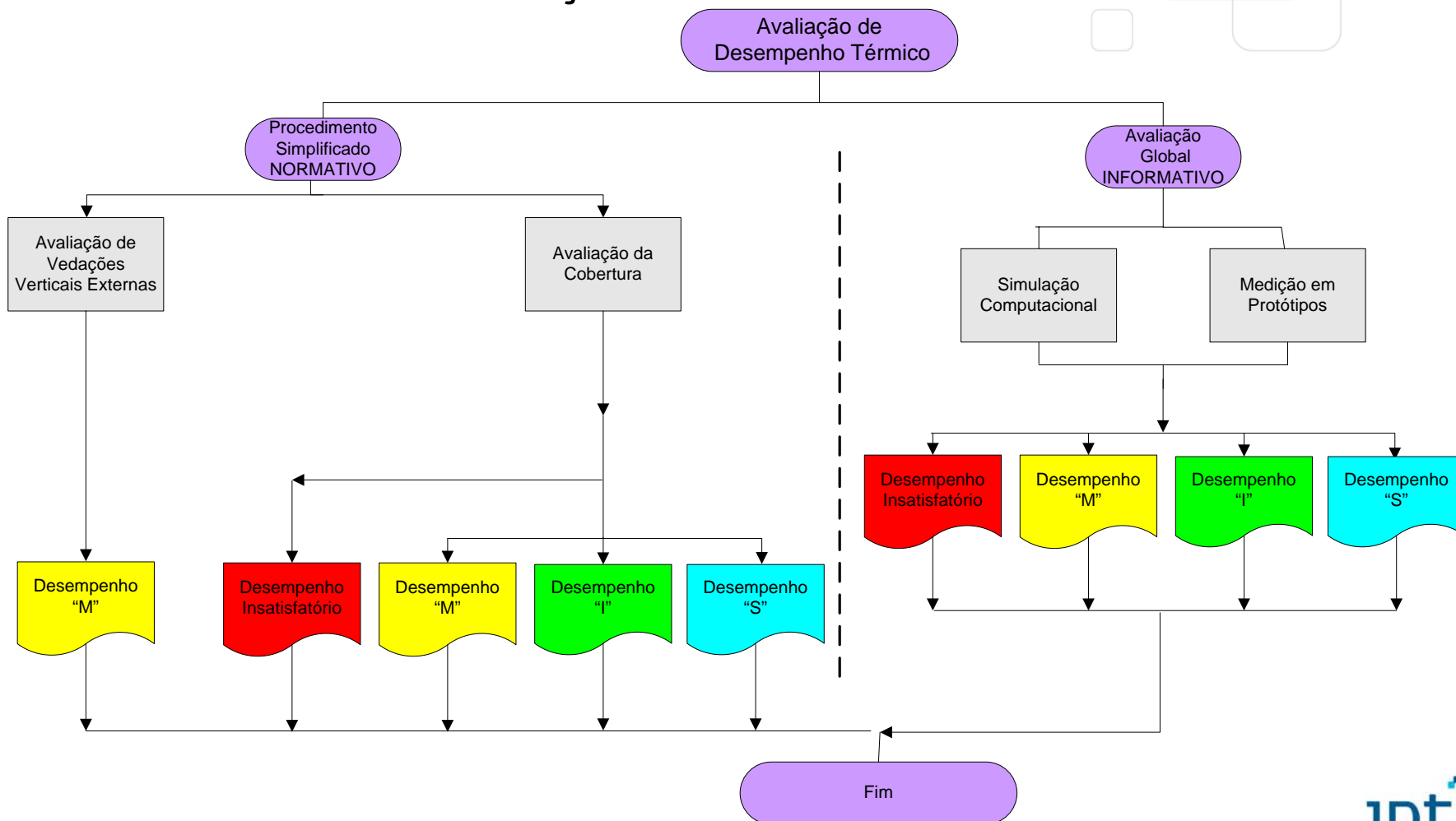
NBR 15220 -Tabela C.2 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa



| Vedações externas | | Transmitância Térmica - U W/m ² .K | Atraso Térmico - ϕ Horas | Fator de Calor Solar - FCS % |
|-------------------|----------------|--|----------------------------------|---------------------------------|
| Paredes | Leve | $U \leq 3,00$ | $\phi \leq 4,3$ | FCS $\leq 5,0$ |
| | Leve Refletora | $U \leq 3,60$ | $\phi \leq 4,3$ | FCS $\leq 4,0$ |
| | Pesada | $U \leq 2,20$ | $\phi \geq 6,5$ | FCS $\leq 3,5$ |
| Coberturas | Leve Isolada | $U \leq 2,00$ | $\phi \leq 3,3$ | FCS $\leq 6,5$ |
| | Leve Refletora | $U \leq 2,30.FT$ | $\phi \leq 3,3$ | FCS $\leq 6,5$ |
| | Pesada | $U \leq 2,00$ | $\phi \geq 6,5$ | FCS $\leq 6,5$ |

NBR 15575 – Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho

Processo Geral de Avaliação:



NBR 15575 – Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho

- Paredes: Valor Mínimo para C e Máximo para U.
- Cobertura: Valor Mínimo para R - Valor máximo p/ U.
- Valores Mínimos Exigentes → “Evitar aberrações”.
- Edifício como um Todo: Simulação



NBR 15575 – Paredes Externas



| Transmitância Térmica U em W/(m ² .K) | | |
|--|-------------------------|----------------|
| Zonas 1 e 2 | Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 | |
| U ≤ 2,5 | $\alpha \leq 0,6$ | $\alpha > 0,6$ |
| | U ≤ 3,7 | U ≤ 2,5 |

α é a absorptância à radiação solar da superfície externa da parede

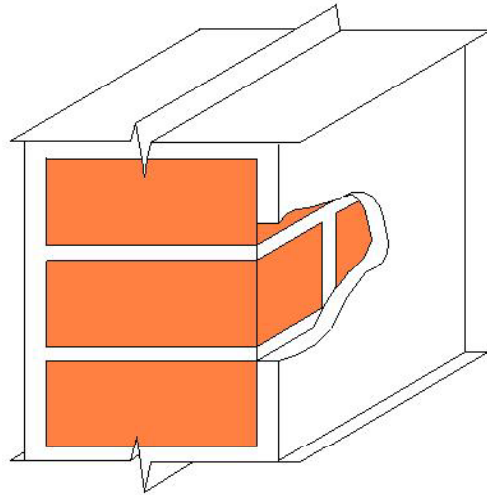
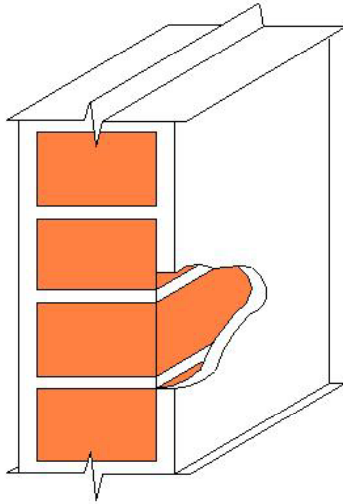
| Capacidade Térmica CT em kJ/(m ² .K) | |
|---|-------------|
| Zona 8 | Zonas 1 a 7 |
| Sem Exigência | CT ≥ 130 |

NBR 15575 – Aberturas mínimas para Ventilação



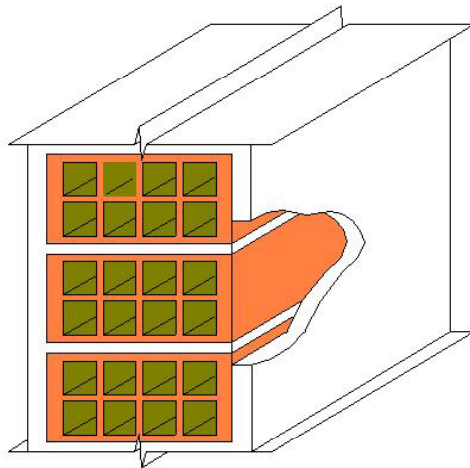
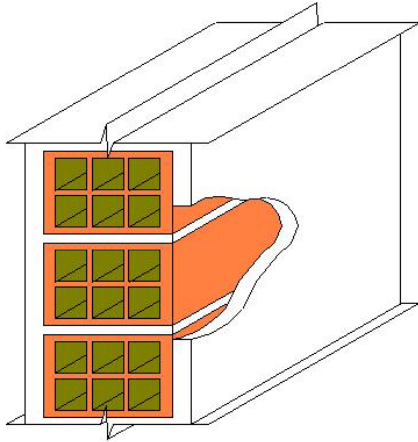
| Nível de Desempenho | Aberturas para ventilação A % da área de piso | | |
|---|--|------------------------------|-----------------------------|
| Mínimo | Zonas 1 a 6 Aberturas Médias | Zona 7 Aberturas Pequenas | Zona 8 Aberturas Grandes |
| | A ≥ 8 | A ≥ 5 | A ≥ 15 |
| Nas Zonas 1 a 6, as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio. | | | |

— Parede



- Tijolo maciço: Espessura de 10 cm e argamassa de revestimento
 - $U = 3,13 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
 - $C_T = 255 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$
- Tijolo maciço : Espessura de 20 cm e argamassa de revestimento
 - $U = 2,25 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
 - $C_T = 445 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$

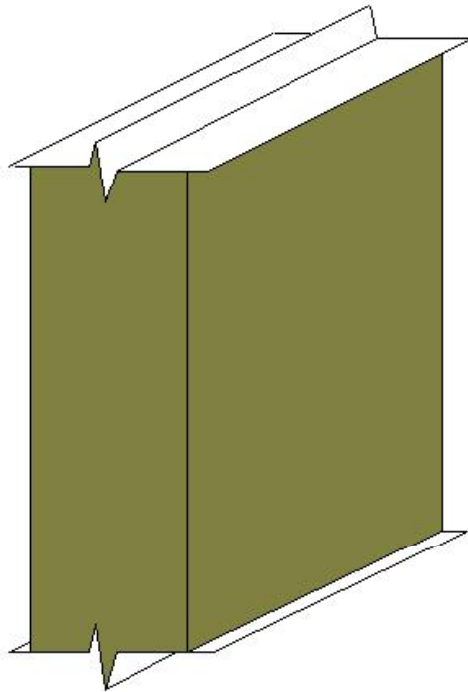
— Parede



- Blocos cerâmicos de 6 furos -
Espessura 14 cm e argamassa de revestimento
- $U = 2,02 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 192 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$

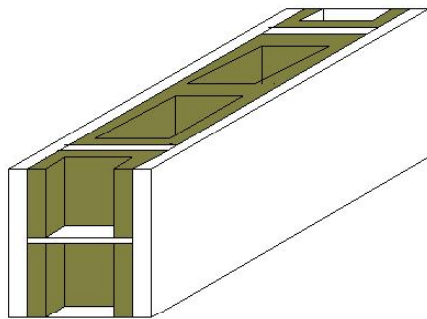
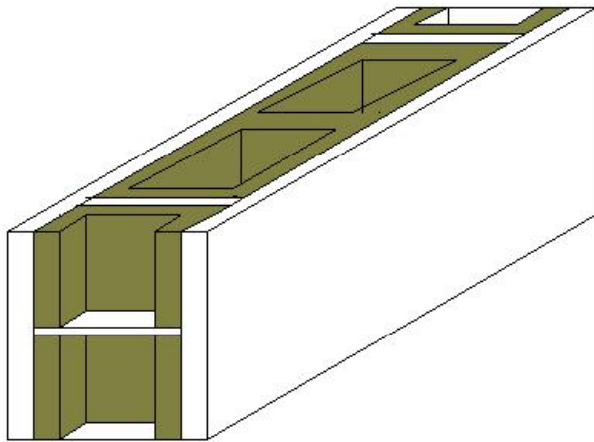
- Blocos cerâmicos de 8 furos -
Espessura 19 cm e argamassa de revestimento
- $U = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 231 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$

— Parede



- Parede de concreto maciço - Espessura de 10 cm
- $U = 4,40 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 240 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$

— Parede



- Blocos de Concreto Espessura 19 cm e argamassa de revestimento
 - $U = 3,00 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
 - $C_T = 220 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$
-
- Blocos de Concreto Espessura 9 cm e argamassa de revestimento
 - $U = 3,66 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
 - $C_T = 160 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$

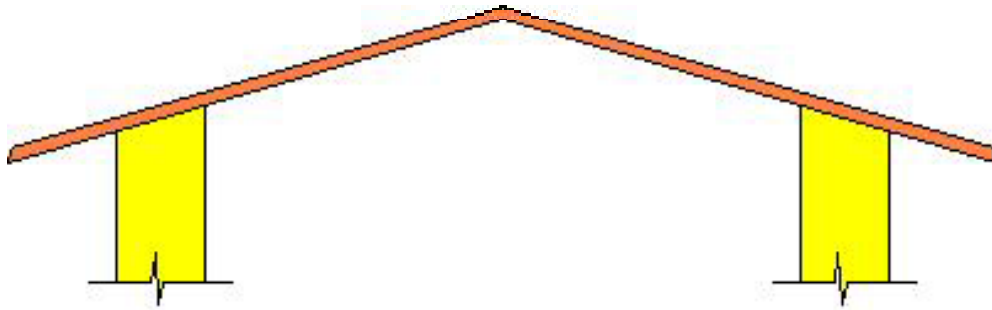
NBR 15575 - Coberturas

| Transmitância Térmica (U) em W/(m ² .K) | | | | | |
|--|-------------------|----------------|-------------------|-----------------|---------------------|
| Zonas 1 e 2 | Zonas 3 a 6 | | Zonas 7 e 8 | | Nível de Desempenho |
| | $\alpha \leq 0,6$ | $\alpha > 0,6$ | $\alpha \leq 0,4$ | $\alpha > 0,4$ | |
| $U \leq 2,3$ | $U \leq 2,3$ | $U \leq 1,5$ | $U \leq 2,3.FV$ | $U \leq 1,5.FV$ | M |
| | $\alpha \leq 0,6$ | $\alpha > 0,6$ | $\alpha \leq 0,4$ | $\alpha > 0,4$ | |
| $U \leq 1,5$ | $U \leq 1,5$ | $U \leq 1,0$ | $U \leq 1,5.FV$ | $U \leq 1,0.FV$ | I |
| | $\alpha \leq 0,6$ | $\alpha > 0,6$ | $\alpha \leq 0,4$ | $\alpha > 0,4$ | |
| $U \leq 1,0$ | $U \leq 1,0$ | $U \leq 0,5$ | $U \leq 1,0.FV$ | $U \leq 0,5.FV$ | S |

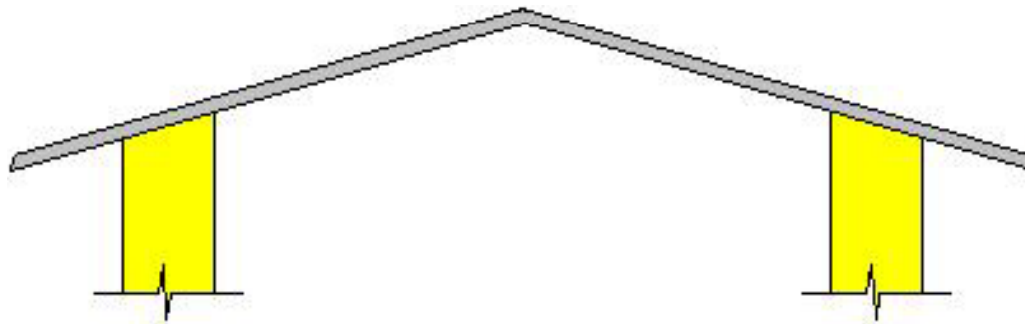
Na Zona Bioclimática 8 também são atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a coberturas não tenha forro.

Nota: O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220/2

— Cobertura

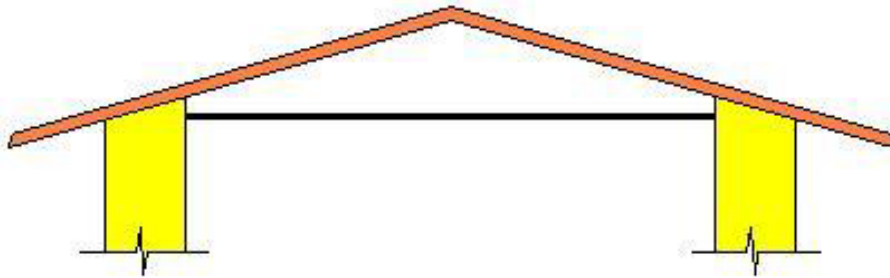


- Telhas cerâmicas sem forro
- $U = 4,55 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 18 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$

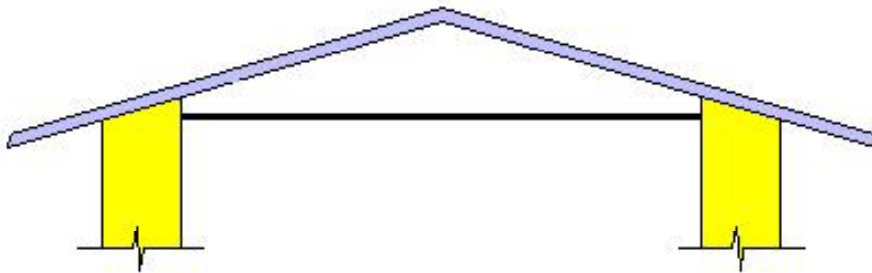


- Telhas de fibrocimento sem forro
- $U = 4,60 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 11 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$

Cobertura

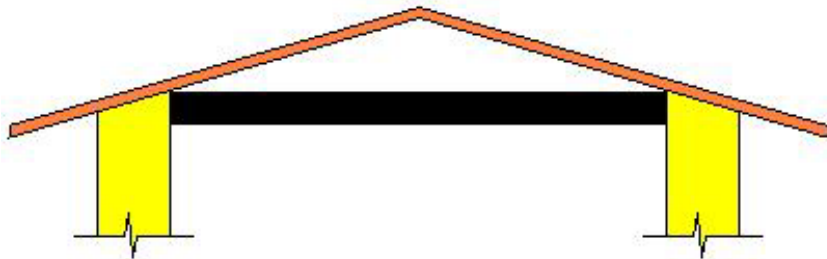


- Telhas cerâmicas com forro de madeira
- $U = 2,00 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 32 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$

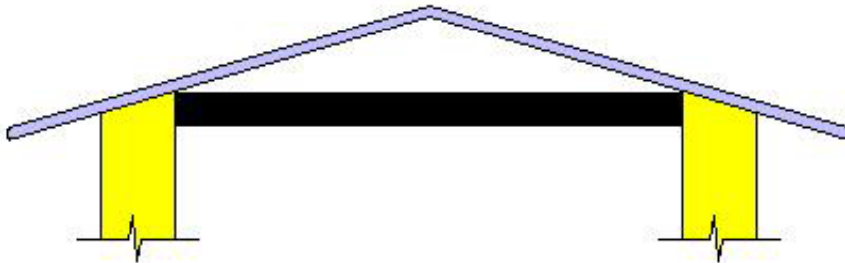


- Telhas de fibrocimento com forro de madeira
- $U = 2,00 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 25 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$

Cobertura

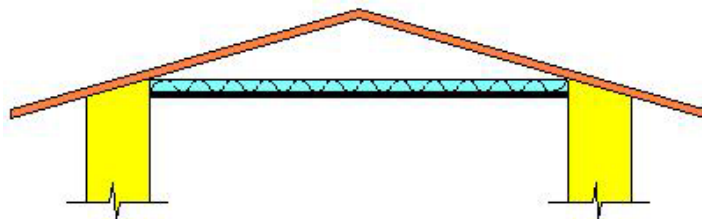
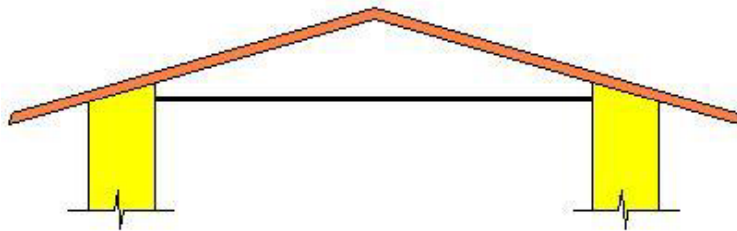


- Telhas cerâmicas com forro de laje mista
- $U = 1,92 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 113 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$



- Telhas de fibro-cimento com forro de laje mista
- $U = 1,93 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 106 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$

— Cobertura



- Telhas cerâmicas **com lamina de alumínio polido** e forro de madeira
- $U = 1,11 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 32 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$
- Telhas cerâmicas com isolante térmico sobre forro de madeira
- $U = 0,62 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 34 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$

Critérios de Avaliação para condições de verão – Método Detalhado



| Nível de Desempenho | Zonas 1 a 7 | Zona 8 |
|---------------------|--|--|
| M | $T_{i,max} \leq T_{e,max}$ | $T_{i,max} \leq T_{e,max}$ |
| I | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}\text{C})$ | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^{\circ}\text{C})$ |
| S | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ}\text{C})$ | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}\text{C})$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^{\circ}\text{C})$ |

$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, °C;
 $T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no exterior da edificação, °C;
 $T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, °C;
 $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no exterior da edificação, °C;

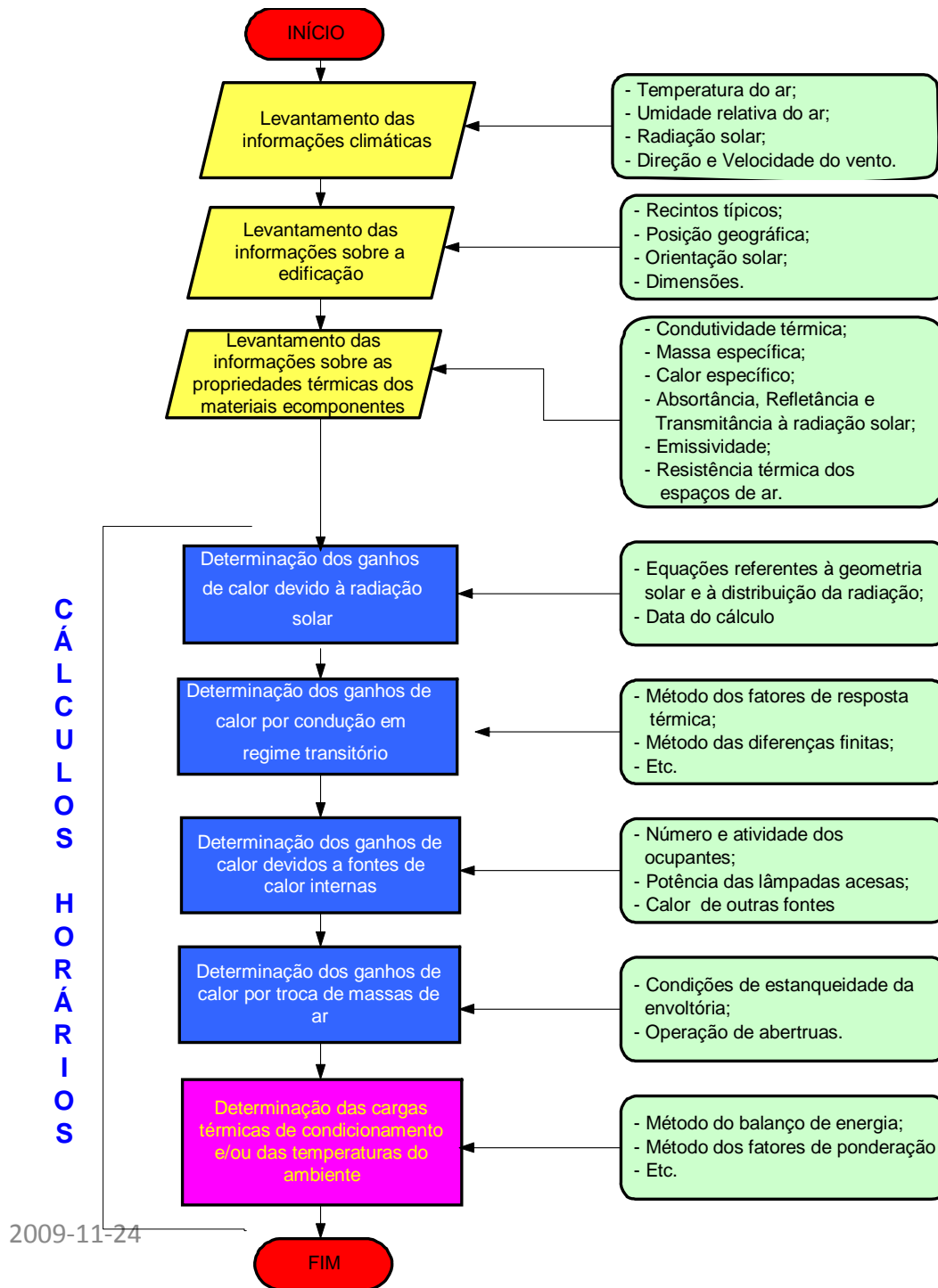
NOTA: Zonas Bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3

Critérios de Avaliação para condições de inverno – Método Detalhado



| Nível de Desempenho | Zonas 1 a 5 | Zonas 6, 7 e 8 |
|---------------------|--|--|
| M | $T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^{\circ}\text{C})$ | Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado |
| I | $T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^{\circ}\text{C})$ | |
| S | $T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^{\circ}\text{C})$ | |

$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, °C;
 $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no exterior da edificação, °C;
NOTA: Zonas Bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3



Características Básicas de um bom software de simulação do comportamento térmico de edificações.

Procedimentos de Simulação

- **Conjunto habitacional de edificações térreas:** selecionar uma unidade habitacional com o maior número de paredes expostas.
- **Edifício multipiso:** selecionar uma unidade do último andar, com cobertura exposta.
- Simular **todos** os recintos da unidade habitacional, considerando as trocas térmicas entre os seus ambientes e avaliar os resultados dos recintos dormitórios e salas.

Procedimentos de Simulação

- Orientações das unidades habitacionais: devem ser tais que haja pelo menos um dormitório ou sala com **duas paredes** expostas. As paredes expostas deste recinto devem ter orientação tal que:
 - **Verão**: janela do dormitório ou sala voltada para oeste e outra parede exposta voltada para norte.
 - **Inverno**: janela do dormitório ou sala de estar voltada para sul e outra parede exposta voltada para leste.

Procedimentos de Simulação

- Obstrução por elementos externos: parede exposta e janelas desobstruídas (sem presença de edificações ou vegetação nas proximidades que modifiquem a incidência de sol e/ou vento).
- Adotar uma taxa de ventilação do ambiente de 1 ren/h e considerar a janela não sombreada.
- Parede: assumir o valor da absorptância à radiação solar correspondente à cor definida no projeto. Caso a cor não esteja definida, simular para três alternativas de cor:
 - cor clara , $\alpha = 0,3$;
 - cor média, $\alpha = 0,5$; e
 - cor escura, $\alpha = 0,7$.

Procedimentos de Simulação

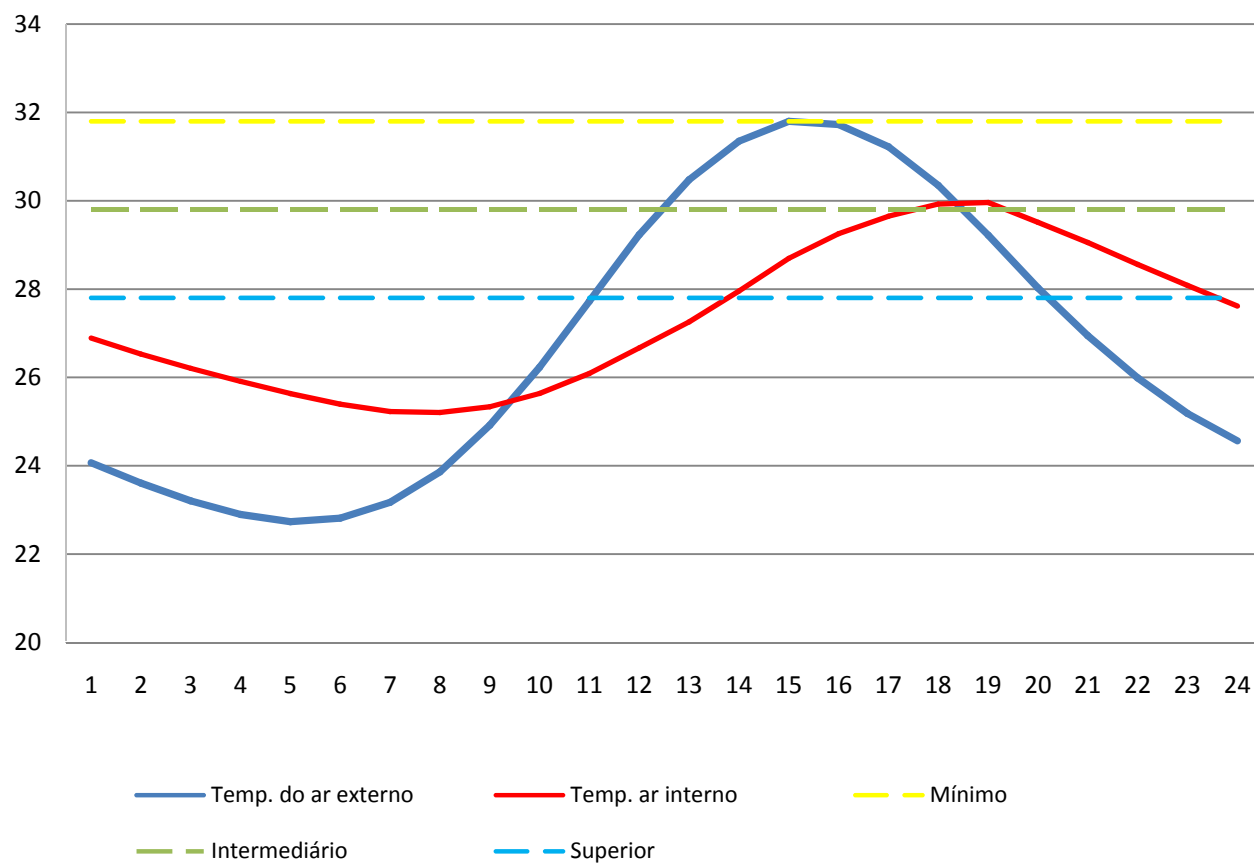
- O edifício que não atender aos critérios estabelecido para o verão na condição anterior (**Condição Padrão**), pode ser avaliado na condição de ventilação do ambiente de 5 ren/h e janela sombreada ou com dispositivo capaz de cortar 50% da radiação total que entraria pela janela.



- Ações simples do usuário.

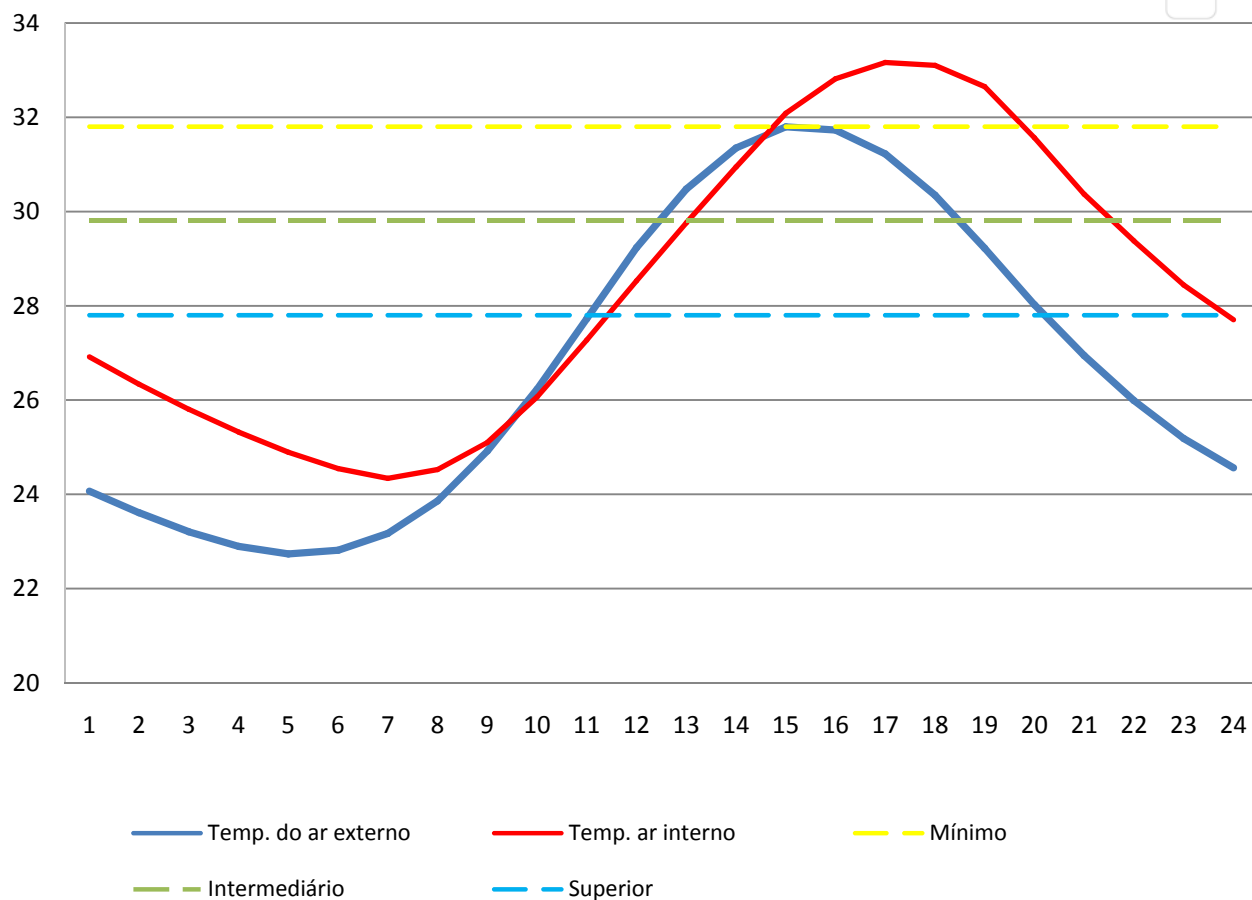
Resultados de Simulação

Parede tijolo cerâmico maciço 10cm/Forro madeira+lã de rocha/Telhado cerâmico + subcob. alumínio



Resultados de Simulação

Parede tijolo cerâmico 9cm/Forro madeira/Telhado cerâmico



— Conforto Acústico...



Uma pessoa está confortável em relação a um acontecimento ou fenômeno quando pode observá-lo ou senti-lo sem preocupação ou incômodo.

— ...Conforto Acústico



- Quantidade de Ruído
 - ✓ Nível de ruído adequado à função ou finalidade do ambiente;
- Qualidade do Ruído
 - ✓ Psico-acústica;
 - ✓ Inteligibilidade.

Som - Ruído

O som é a sensação produzida no sistema auditivo resultante de vibrações das moléculas do ar que se propagam a partir de estruturas vibrantes.

O Ruído é som sem harmonia ou som indesejável!

Controle do Ruído

Para redução do ruído é necessário conhecer:

- A fonte de ruído;
- As características do ruído;
- O caminho que o ruído percorre; e
- O lugar onde se percebe o ruído.

Redução do nível de Ruído

- Na fonte do ruído:
 - ✓ Anular ou reduzir.

- Na transmissão:
 - ✓ Distinguir se o ruído é transmitido pelo ar ou pela estrutura – isolar a fonte e/ou interromper a transmissão.

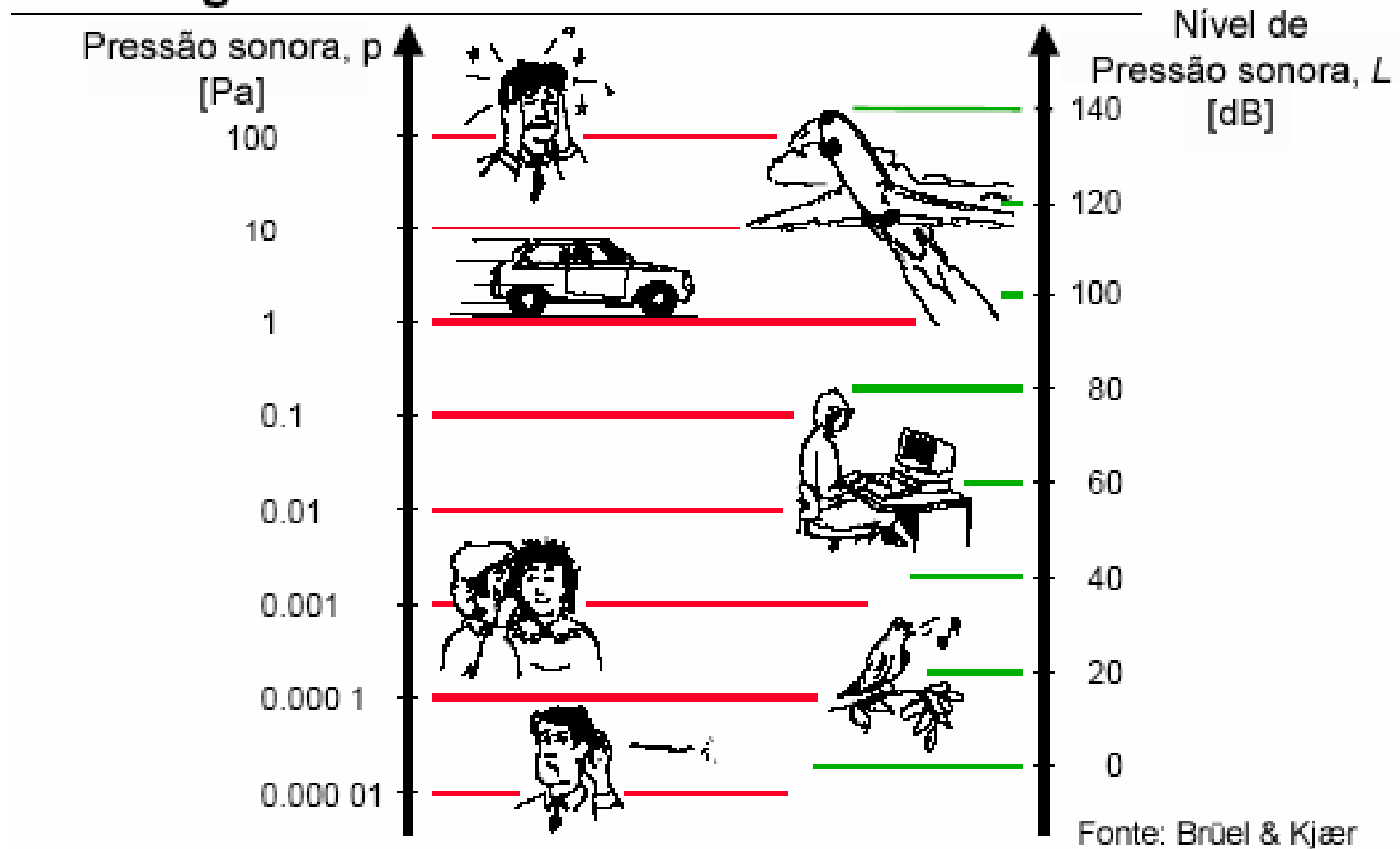
O que caracteriza o ruído?

Duas grandezas:

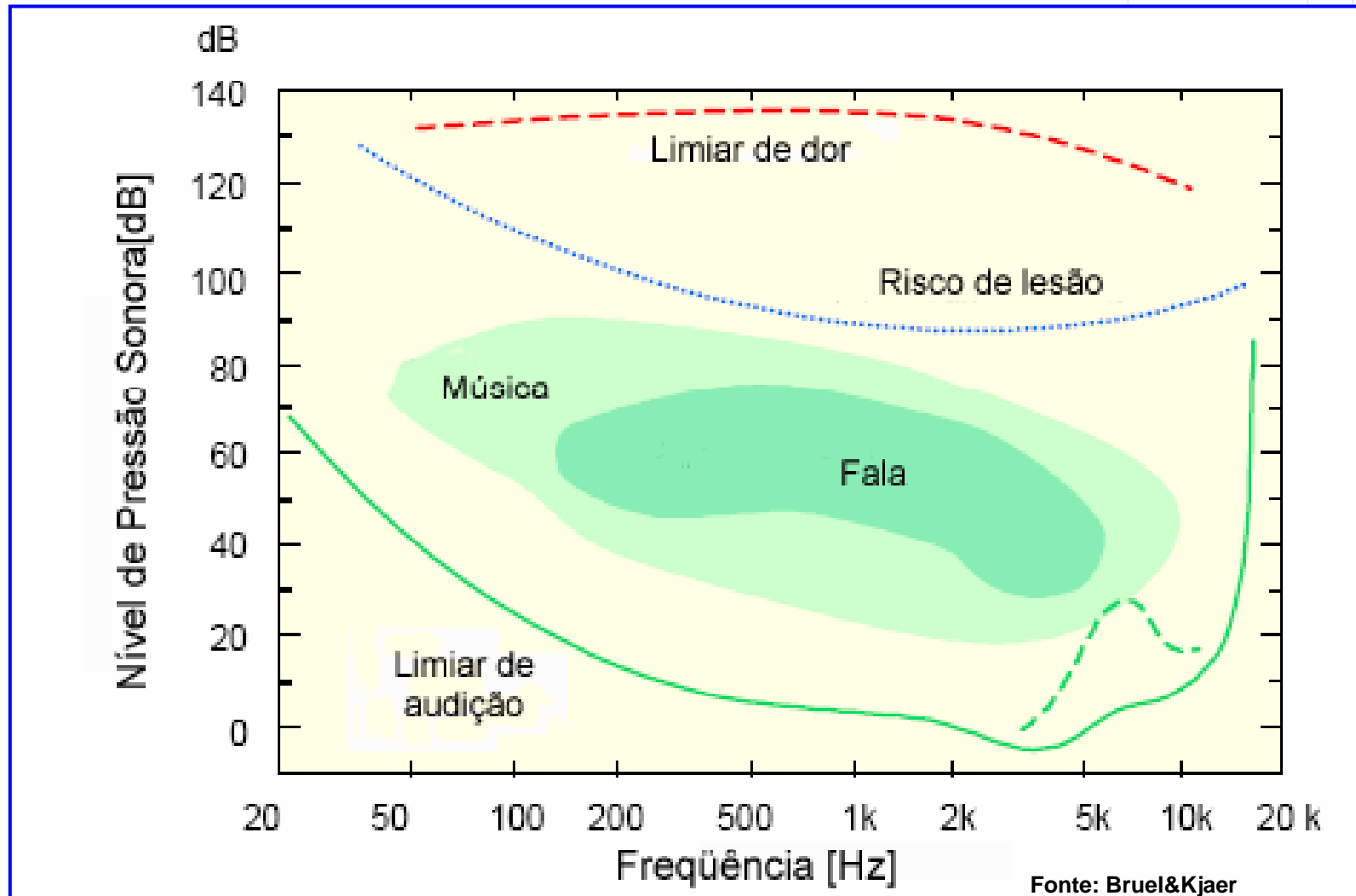
Nível de ruído - dado em decibels (dB); e

Freqüências - dadas em Hertz (Hz).

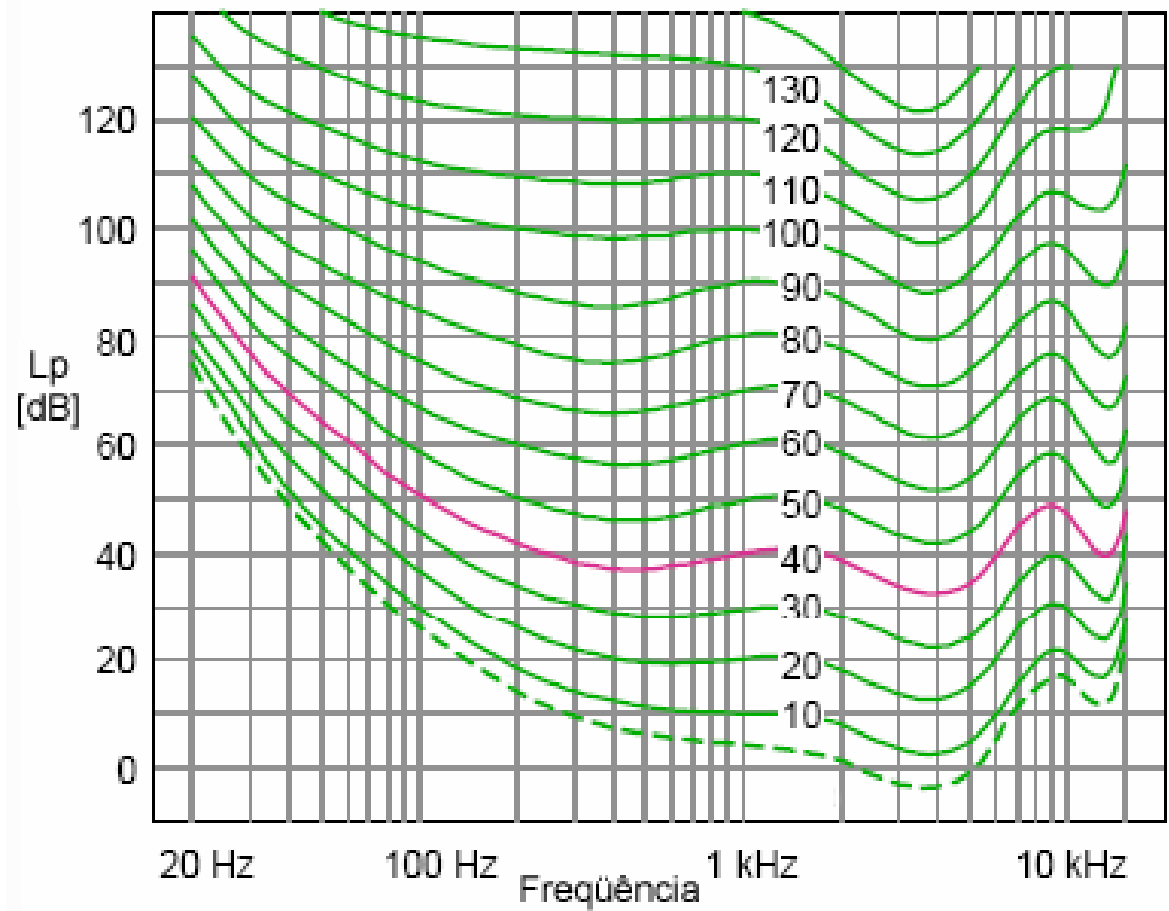
O que ouvimos?



O que ouvimos?



O que ouvimos?



Fonte: Bruel&Kjaer

NR 15 – LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE

| Nível de Ruído dB(A) | Máxima Exposição Diária Permissível |
|---------------------------------|--|
| 85 | 8 horas |
| 86 | 7 horas |
| 87 | 6 horas |
| 88 | 5 horas |
| 89 | 4 horas e 30 min. |
| 90 | 4 horas |
| 91 | 3 horas e 30 min. |
| 92 | 3 horas |
| 93 | 2 horas e 30 min. |
| 94 | 2 horas e 15 min. |
| 95 | 2 horas |
| 96 | 1 hora e 45 min. |
| 98 | 1 hora e 15 min |
| 100 | 1 hora |
| 102 | 45 minutos |
| 104 | 35 minutos |
| 105 | 30 minutos |
| 106 | 25 minutos |
| 108 | 20 minutos |
| 110 | 15 minutos |
| 112 | 10 minutos |
| 114 | 8 minutos |
| 115 | 7 minutos |

NR 15

1. Entende-se por Ruído Contínuo ou Intermitente, para os fins de aplicação de Limites de Tolerância, o ruído que não seja ruído de impacto.
2. Os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (SLOW). As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador.
3. Os tempos de exposição aos níveis de ruído não devem exceder os limites de tolerância fixados no Quadro anterior.
4. Para os valores encontrados de nível de ruído intermediário será considerada a máxima exposição diária permissível relativa ao nível imediatamente mais elevado.
5. Não é permitida exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos.

Normas para Conforto Acústico

NBR 10151



Esta Norma fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades.

Ela especifica um método para a medição de ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos (de acordo com a duração, característica espectral e fator de pico) e uma comparação dos níveis corrigidos, com um critério que leva em conta os vários fatores ambientais.

Nível Critério de Avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).

| Tipos de áreas | Diurno | Noturno |
|--|---------------|----------------|
| Áreas de sítios e fazendas | 40 | 35 |
| Vizinhanças de hospitais (200 m além divisa) | 45 | 40 |
| Área estritamente residencial urbana | 50 | 45 |
| Área mista, predominantemente residencial, sem corredores de trânsito | 55 | 50 |
| Área mista, com vocação comercial e administrativa, sem corredores de trânsito | 60 | 55 |
| Área mista, com vocação recreacional, sem corredores de trânsito | 65 | 55 |
| Área mista até 40 m ao longo das laterais de um corredor de trânsito | 70 | 55 |
| Área predominantemente industrial | 70 | 60 |

Os limites de horário para o período diurno e noturno da Tabela 1 podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno não deve começar depois das 22 horas e não deve terminar antes das 7 horas do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado o término do período noturno não deve ser antes das 9 horas.

Normas para Conforto Acústico

NBR 10152



Esta Norma fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

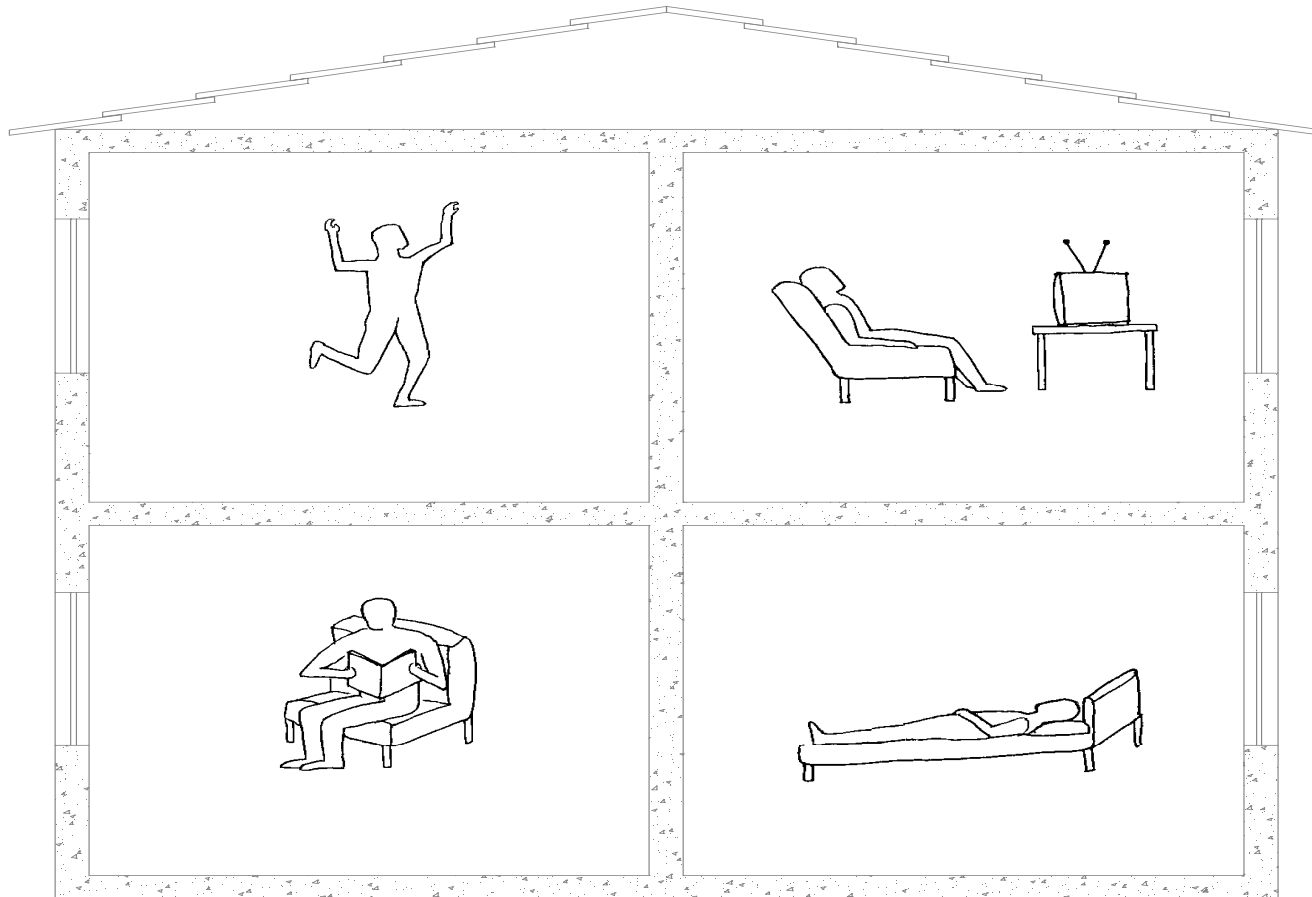
Notas:


- a) *As questões relativas a riscos de danos à saúde em decorrência do ruído serão estudadas em normas específicas.*
- b) A aplicação desta Norma não excluem as recomendações básicas referentes às demais condições de conforto.


Valores de ruído – NBR 10152

| LOCAIS | dB(A) | Curvas NC |
|--|---------|-----------|
| <i>Hospitais</i> | | |
| Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros Cirúrgicos | 35 -45 | 30 -40 |
| Laboratórios, Áreas para uso público | 40 - 50 | 35 -45 |
| Serviços | 45 -55 | 40 -50 |
| <i>Escolas</i> | | |
| Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho | 35 -45 | 30 - 40 |
| Salas de aula, Laboratórios | 40 -50 | 35 - 45 |
| Circulação | 45 - 55 | 40 - 50 |
| <i>Hotéis</i> | | |
| Apartamentos | 35 - 45 | 30 - 40 |
| Restaurantes, Salas de estar | 40 - 50 | 35 - 45 |
| Portaria, Recepção, Circulação | 45 - 55 | 40 - 50 |
| <i>Residências</i> | | |
| Dormitórios | 35 - 45 | 30 - 40 |
| Salas de estar | 40 - 50 | 35 - 45 |
| <i>Auditórios</i> | | |
| Salas de concerto, Teatros | 30 - 40 | 25 - 30 |
| Salas de Conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo | 35 - 45 | 30 - 35 |
| <i>Restaurantes</i> | 40 - 50 | 35 - 45 |
| <i>Escritórios</i> | | |
| Salas de reunião | 30 - 40 | 25 - 35 |
| Salas de gerência, Salas de projetos e de administração | 35 - 45 | 30 - 40 |
| Salas de computadores | 45 - 65 | 40 - 60 |
| Salas de mecanografia | 50 - 60 | 45 - 55 |
| <i>Igrejas e Templos</i> | 40 - 50 | 35 - 45 |
| <i>Locais para esportes</i> | | |
| Pavilhões fechados para espetáculos e ativ. esportivas | 45 - 60 | 40 - 55 |

Certas atividades produzem ruído, outras necessitam silêncio



- 
- Há fontes geradoras de ruído externas ao edifício, como veículos e estabelecimentos comerciais e industriais.
 - Também desenvolvem-se atividades que são perturbadas ou interrompidas por ruído: sono, descanso, convalescença, estudo e outros trabalhos intelectuais.
 - Estas atividades requerem baixos níveis de ruído e são essencialmente incompatíveis com as que produzem ruído.

- 
- A convivência entre essas duas categorias de atividade implica necessariamente na separação acústica.
 - A separação acústica é representada pelo isolamento acústico entre um ambiente e outro.

NBR 15575-1:2008....



12. Desempenho Acústico

12.1 Generalidades

De forma a gerar conforto acústico a seus ocupantes, o edifício habitacional deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da habitação, e isolamento acústico entre ambientes.

.....NBR 15575-1:2008....

12.2 Requisitos - **Isolação acústica de vedações externas**

Propiciar condições de conforto acústico no interior da edificação, com relação a fontes externas de ruídos aéreos.

12.2.1 **Critério** – Nível tolerável de ruído no interior da habitação

A edificação, submetida aos limites de estímulos sonoros externos especificados na ABNT NBR 10151, deve atender aos limites especificados pela ABNT NBR 10152, no que se refere aos níveis de ruído em seus ambientes internos.

12.2.2 **Método de avaliação**

Especificado na ABNT NBR 10152.

.....NBR 15575-1:2008....

12.3 Requisito – **Isolação acústica entre ambientes**

Propiciar condições de isolação acústica entre ambientes.

12.3.1 Critério- **Isolação ao som aéreo entre pisos e paredes internas**

Os sistemas de pisos e vedações verticais que compõe o edifício habitacional devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender aos requisitos estabelecidos nas ABNT NBR 15575-3 e ABNT NBR 15575-4.

12.3.1.1 **Método de avaliação**

Métodos especificados nas ABNT NBR 15575-3 e ABNT NBR 15575-4.

.....NBR 15575-1:2008....

12.3.2 Critério – Isolação ao som aéreo da envoltória da habitação

Os sistemas de vedações externos e os sistemas de coberturas dos edifícios habitacionais devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender aos requisitos e critérios especificados nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5.

12.3.2.1 Método de avaliação

Análise do projeto e atendimento às ABNT NBR 10151 e ABNT NBR 10152, conforme métodos de ensaios especificados nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5.

12.3.3 Premissas de projeto

O projeto deve mencionar a avaliação das condições do entorno em relação ao ruído.

.....NBR 15575-1:2008....

12.4 Requisito – Ruídos por impactos e ruídos de equipamentos

Reunir características de privacidade e conforto acústicos dos usuários.

12.4.1 Critério – Ruídos gerados por impactos ou vibrações

Os sistemas que compõe os edifícios habitacionais devem atender aos requisitos e critérios especificados nas ABNT NBR 15575-3, ABNT NBR 15575-4, ABNT NBR 15575-5, ABNT NBR 15575-6.

12.4.2 Métodos de avaliação

Análise do projeto e atendimento às ABNT NBR 10152 e ABNT NBR 10151, conforme métodos de ensaios especificados nas ABNT NBR 15575-3, ABNT NBR 15575-4, ABNT NBR 15575-5, ABNT NBR 15575-6.

12.4.3 Premissas de projeto

O projeto deve considerar:

- a) o nível de ruído externo à edificação e os valores-limites estabelecidos para uso interno dos ambientes;
- b) a redução de ruído entre o lado externo e o lado interno de ambientes de uso específico, inclusive fachadas;
- c) as condições de geração, propagação e recepção dos sons na edificação;
- d) os ruídos contínuos, variáveis e de impactos, e das vibrações de equipamentos, como motores-bomba, elevadores, válvulas de descarga, motores geradores de energia, tubulações de água e esgoto, ventilação e ar-condicionado.

NBR 15575-4:2008 (Sistemas de vedações verticais – internas e externas)

Tabela F.8 – Diferença padronizada de nível ponderado da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$, para ensaios de campo

| Sistema | $D_{2m,nT,w}$ dB | $D_{2m,nT,w} + 5$ dB | Nível de desempenho |
|--|---------------------|-------------------------|---------------------|
| Vedação externa de dormitórios | 25 a 29 | 30 a 34 | M-Recomendado |
| | 30 a 34 | 35 a 39 | I |
| | ≥ 35 | ≥ 39 | S |
| Nota: Para vedação externa de cozinhas, lavanderias e banheiros, não há exigências específicas | | | |

Tabela F.9 – Índice de redução sonora ponderado da fachada, R_w , para ensaio de laboratório

| Sistema | R_w dB | $R_w + 5$ dB | Nível de desempenho |
|--|-------------|-----------------|---------------------|
| Vedação externa de dormitórios | 30 a 34 | 35 a 39 | M-Recomendado |
| | 35 a 39 | 40 a 44 | I |
| | ≥ 39 | ≥ 45 | S |
| Nota: Para vedação externa de cozinhas, lavanderias e banheiros, não há exigências específicas | | | |

NBR 15575-4:2008 (Sistemas de vedações verticais – internas e externas)

Tabela F.10 – Diferença padronizada de nível ponderado entre ambientes, $D_{nT,w}$, para ensaios de campo

| Elemento | $D_{nT,w}$ [dB] | Nível de desempenho |
|---|-----------------|---------------------|
| Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo | 30 a 34 | M-Recomendado |
| | 35 a 39 | I |
| | ≥ 40 | S |
| Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo | 40 a 44 | M-Recomendado |
| | 45 a 49 | I |
| | ≥ 50 | S |
| Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas | 45 a 49 | M-Recomendado |
| | 50 a 54 | I |
| | ≥ 55 | S |
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação) | 40 a 44 | M-Recomendado |
| | 45 a 49 | I |
| | ≥ 50 | S |

NBR 15575-4:2008 (Sistemas de vedações verticais – internas e externas)

Tabela F.11 – Índice de redução sonora ponderado dos componentes construtivos, R_w , para ensaios em laboratório

| Elemento da edificação | R_w [dB] | Nível de desempenho |
|---|------------|---------------------|
| Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas de corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo | 35 a 39 | M-Recomendado |
| | 40 a 44 | I |
| | ≥ 45 | S |
| Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de transito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo | 45 a 49 | M-Recomendado |
| | 50 a 54 | I |
| | ≥ 55 | S |
| Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas | 50 a 54 | M-Recomendado |
| | 55 a 59 | I |
| | ≥ 60 | S |
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação) | 45 a 49 | M-Recomendado |
| | 50 a 54 | I |
| | ≥ 55 | S |

NBR 15575-3:2008 (Pisos internos)

Tabela F.1 – Critério e nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado $L'_{nT,w}$, para ensaios de campo

| Elemento | $L'_{nT,w}$ dB | Nível de desempenho |
|--|-------------------|---------------------|
| Laje, ou outro elemento portante, com ou sem contrapiso, sem tratamento acústico | < 80 | M-Recomendado |
| Laje, ou outro elemento portante, com ou sem contrapiso, com tratamento acústico | 55 a 65 | I |
| | <55 | S |

Tabela F.2 – Critério e nível de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, para ensaios de campo e R_w para ensaios em laboratório

| Elemento | Campo $D_{nT,w}$ dB | Laboratório R_w dB | Nível de desempenho |
|--|---------------------------|----------------------------|---------------------|
| Piso de unidade habitacional, posicionado sobre áreas comuns, como corredores | 35 | 40 | M |
| | 40 a 45 | 45 a 50 | I |
| | >45 | >50 | S |
| Piso separando unidades habitacionais autônomas (piso separando unidades habitacionais posicionadas em pavimentos distintos) | 40 | 45 | M |
| | 45 a 50 | 50 a 55 | I |
| | >50 | >55 | S |

Exemplo de medição de isolamento em laboratório - $R_w=48$ dB

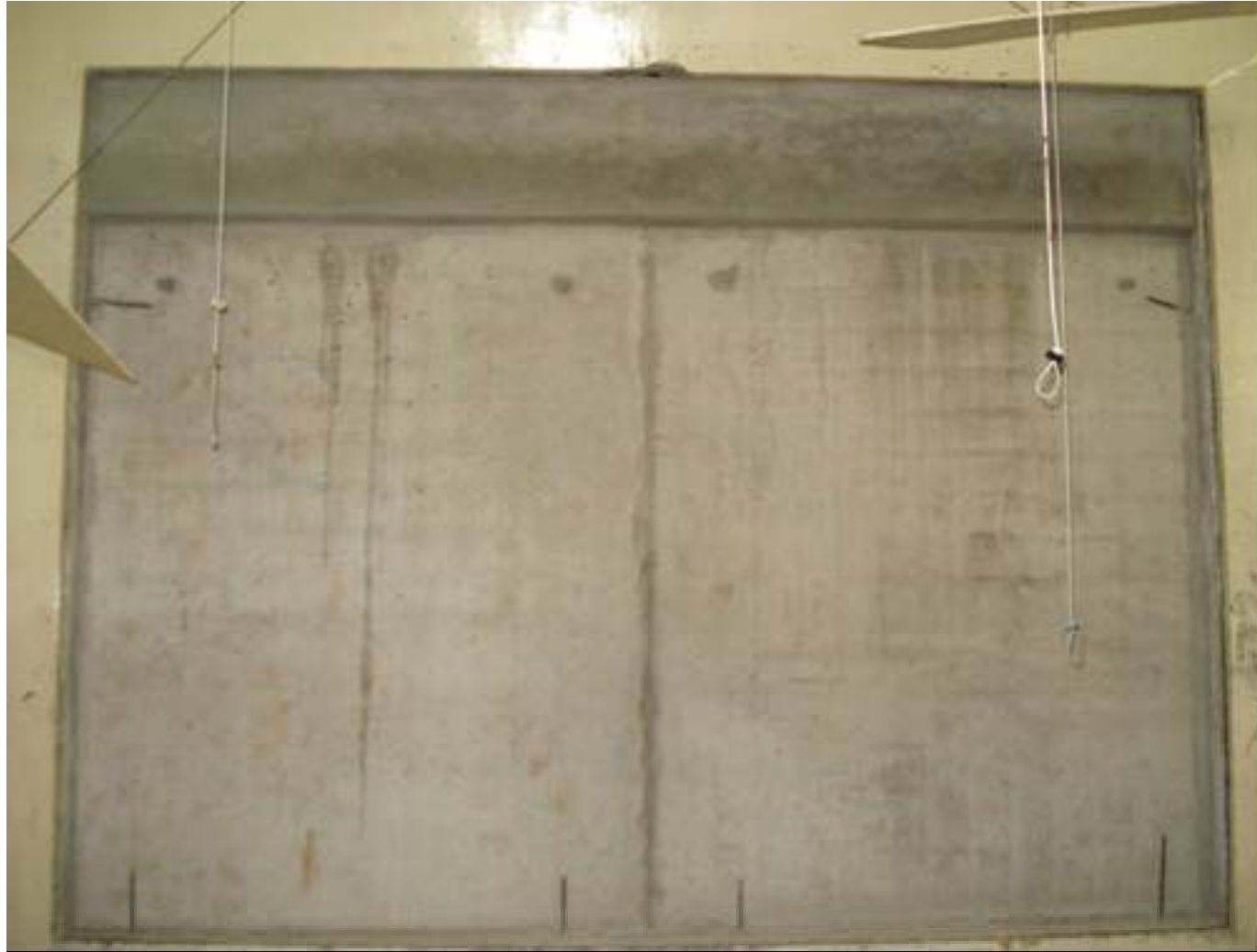
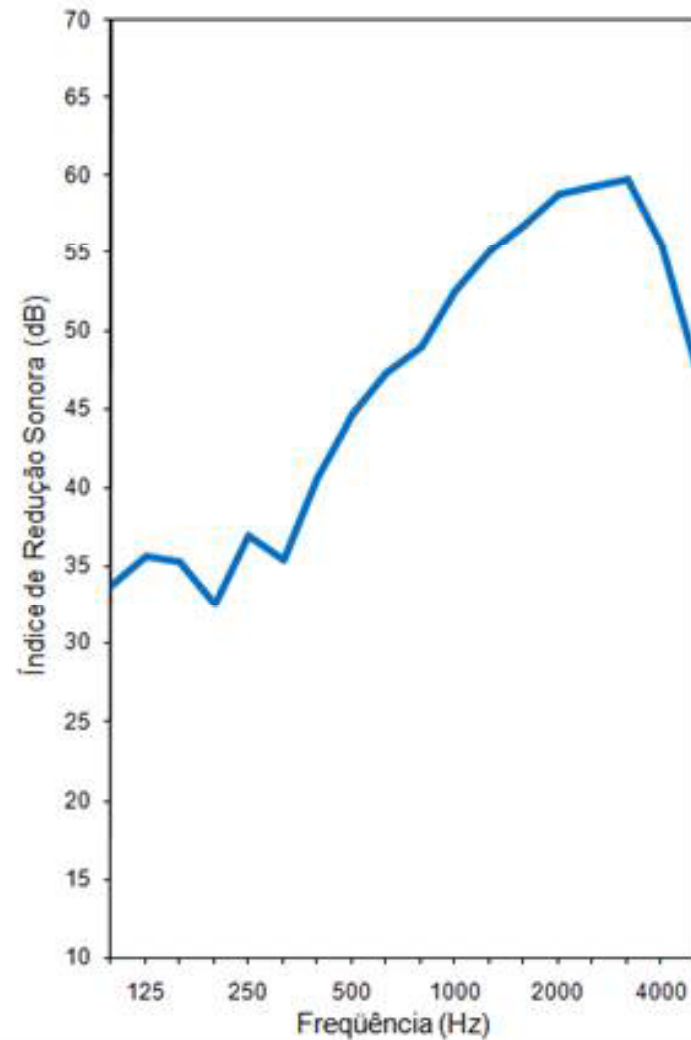


Gráfico de isolação acústica



Valores de redução sonora por freqüência

| Freqüência do centro da banda de terço de oitava Hz | Índice de Redução Sonora dB |
|---|-----------------------------|
| 100 | 33,7 |
| 125 | 35,6 |
| 160 | 35,4 |
| 200 | 32,6 |
| 250 | 37,0 |
| 315 | 35,4 |
| 400 | 40,7 |
| 500 | 44,7 |
| 630 | 47,3 |
| 800 | 49,0 |
| 1000 | 52,5 |
| 1250 | 55,1 |
| 1600 | 56,7 |
| 2000 | 58,9 |
| 2500 | 59,3 |
| 3150 | 59,7 |
| 4000 | 55,7 |
| 5000 | 47,7 |

Poder das Frestas

Vãos abertos, por menor que sejam comprometem, drasticamente a isolação do elemento.

Exemplo:

Parede de 10 m², composta por 5m² de material com $R_w=40\text{dB}$ e 4,5m² com material de $R_w=10\text{ dB}$.

A isolação da parede completa é de 13 dB.

Introduzindo uma janela de $R_w=10\text{ dB}$ com área de 0,5m²

A isolação da parede com a janela aberta, passa a ser de 0,1 dB

— Garantia de bom isolamento acústico



É fundamental ter:

- qualidade acústica dos componentes, isto é
isolação e absorção adequadas;
- instalação correta dos componentes.

Isolação acústica e absorção acústica

- **Isolantes acústicos** – servem para reduzir a energia do som transmitido através das estruturas para os ambientes vizinhos.
- **Absorvedores acústicos** – servem para reduzir a energia de um som refletido por uma superfície do mesmo ambiente.

Alguns valores de isolação acústica

| Material | Isolação Acústica |
|---|-------------------|
| Parede de tijolo maciço com 45 cm de espessura | 55 dB |
| Parede de 1 tijolo de espessura de 23 cm | 50 dB |
| Parede de meio tijolo de espessura com 12 cm e rebocado | 45 dB |
| Parede de concreto de 8 cm de espessura | 40 dB |
| Parede de tijolo vazado de 6 cm de espessura e rebocado | 35 dB |
| Porta de madeira maciça dupla com 5 cm cada folha | 45 dB |
| Janela de vidro duplos de 3 mm cada separados 20 cm | 45 dB |
| Janela com placas de vidro de 6 mm de espessura | 30 dB |
| Porta de madeira maciça de 5 cm de espessura | 30 dB |
| Janela simples com placas de vidro de 3 mm de espessura | 20 dB |
| Porta comum sem vedação no batente | 15 dB |
| Laje de concreto rebocada com 18 cm de espessura | 50 dB |

Conforto e Inteligibilidade na NBR 15575

- A norma NBR 15575, aborda o aspecto da isolamento sonora, sem levar em conta a qualidade acústica dos ambientes.
- O ajuste do tempo de reverberação de um ambiente é fundamental para garantir conforto acústico além de inteligibilidade.



Para pisos, além da isolação para sons aéreos, é importante assegurar que não haja transmissão pela estrutura, evitando assim o indesejado ruído de impacto de piso.

Tempo de reverberação

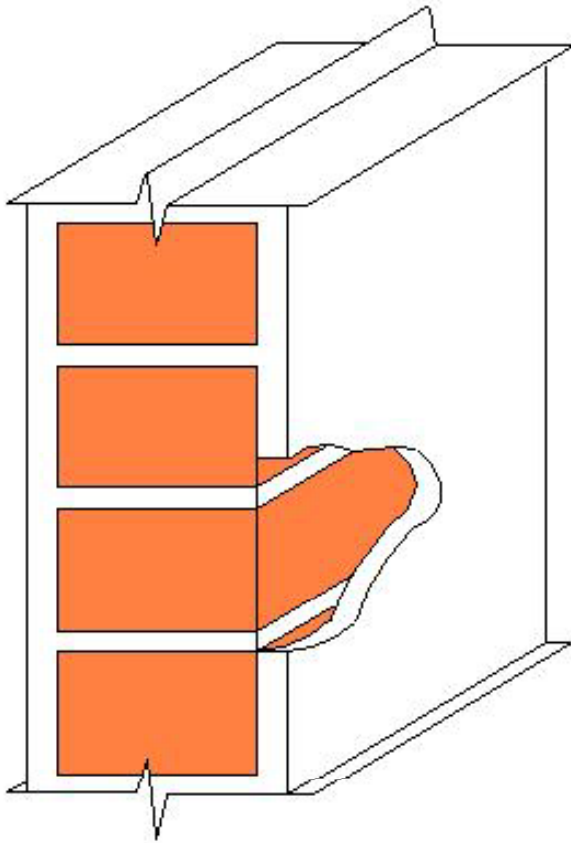


- Ajustar o tempo de reverberação
- Introduzir no ambiente absorvedores acústicos



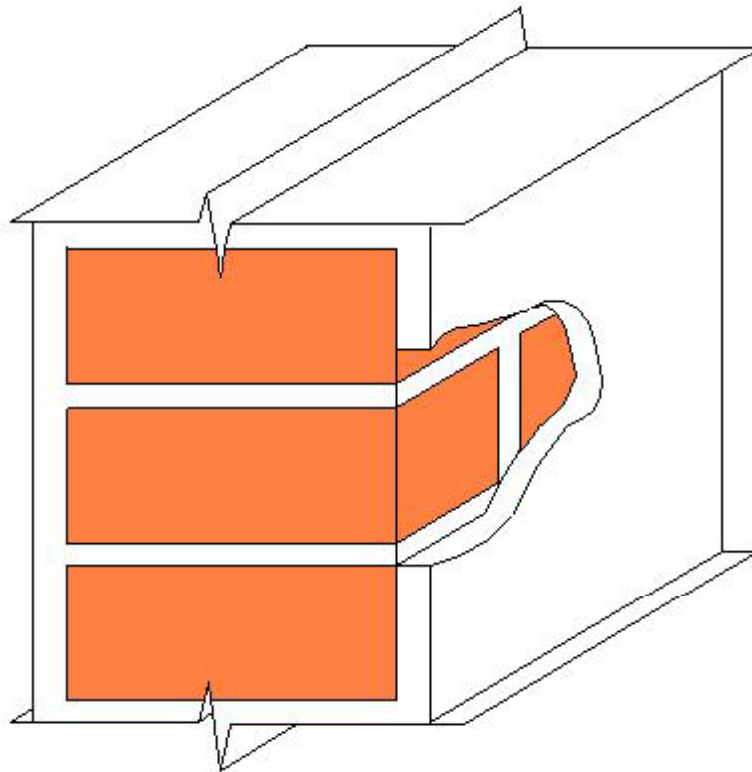
Exemplos de isolação sonora.

— Parede



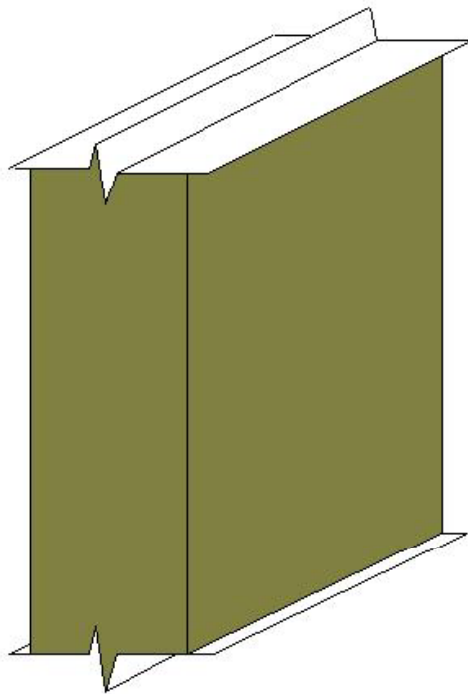
- Tijolo maciço Espessura de 10 cm e argamassa de revestimento
- $U = 3,13 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 255 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $R_w = 45 \text{ dB}$

— Parede



- Tijolo maciço
Espessura de 20 cm
e argamassa de
revestimento
- $U = 2,25 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 445 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $R_w = 50 \text{ dB}$

— Parede



- Parede de concreto maciço - Espessura de 10 cm
- $U = 4,40 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 240 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $R_w = 44 \text{ dB}$ (densidade $2200 \text{ kg}/\text{m}^3$)



Agradecemos pela Atenção

Eng. Dr. Fulvio Vittorino - fulviov@ipt.br

Fis. Ms. Marcelo de Mello Aquilino - aquilino@ipt.br