



CURSO DE CAPACITAÇÃO  
PARA ARQUITETOS E URBANISTAS

# Norma de Desempenho



**CAU/SC**

Conselho de Arquitetura  
e Urbanismo de Santa Catarina



**NORMA DE DESEMPENHO**

NBR 15.575 Essencial:  
Desempenho Acústico,  
Térmico e Lumínico



Santa Catarina  
2023

## CARTILHA NORMA DE DESEMPENHO

NBR 15.575 Essencial: Desempenho Acústico, Térmico e Lumínico

Conteúdo elaborado por:

**Douglas Zimmermann Melo**

ENGENHEIRO CIVIL

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), possui MBA em Construções Sustentáveis pela Universidade Cidade de São Paulo (UNICID). Possui 15 anos de experiência em Empreendimentos Habitacionais e, desde 2017, desenvolve trabalhos em Desempenho Habitacional, já tendo realizado adequações de projetos, simulações de desempenho acústico, térmico e lumínico em empreendimentos habitacionais por todo o Brasil. Douglas é idealizador e fundador da Plataforma Portal da Norma de Desempenho ([www.normadedesempenho.com.br](http://www.normadedesempenho.com.br)), pela qual contribui ativamente para compartilhar os conhecimentos adquiridos nas consultorias e distribuir materiais e ferramentas para auxiliar projetistas, construtores e auditores a aplicar os critérios da NBR 15.575.

Publicação produzida como apoio de conteúdo do projeto Capacitação e Aperfeiçoamento do Profissional Arquiteto e Urbanista idealizado pela Comissão de Organização, Administração e Finanças (COAF) do Conselho de Arquitetura e Urbanismo de Santa Catarina (CAU-SC) conforme Chamamento Público n 01/2023 para seleção de Organizações da Sociedade Civil (OCSs) parceiras para a execução do projeto, do qual a AsBEA-SC foi contemplada.

Distribuição gratuita. Venda e reprodução proibidas.

Copyright 2023 CAU/SC

Todos os direitos reservados.



## APRESENTAÇÃO

O curso “**Norma de Desempenho – NBR 15.575 Essencial: Desempenho Acústico, Térmico e Lumínico**”, realizada no âmbito da capacitação profissional – CAU-SC / ASBEA-SC apresenta conteúdo técnico e prático em relação à avaliação do desempenho de uma edificação habitacional, aspecto crucial que requer atenção desde as fases iniciais do projeto. É importante que os arquitetos e urbanistas tenham em mente que, entre os critérios essenciais a serem considerados na concepção do empreendimento, destacam-se os aspectos acústicos, térmicos e lumínicos. E que esses parâmetros estão intrinsecamente conectados, demandando uma abordagem integrada para garantir a excelência na qualidade do ambiente construído.

Um bom isolamento térmico, por exemplo, pode ter um impacto positivo no desempenho acústico, ao passo que uma eficiente distribuição de luz natural contribui para o conforto térmico e lumínico. Portanto, ao desenvolver um projeto arquitetônico, torna-se imperativo

considerar essas interações para criar espaços que atendam de forma integrada às necessidades dos futuros ocupantes.

Após uma década de vigência, a Norma de Desempenho firmou-se como um marco significativo na indústria da construção. Hoje, torna-se evidente que o mercado não mais tolera projetos que desconsiderem os requisitos estabelecidos para o desempenho mínimo. Tal mudança de paradigma não se deve apenas à evolução das expectativas dos clientes em relação ao conforto e à eficiência, mas também à crescente conscientização sobre a importância da sustentabilidade e da qualidade de vida nas edificações.

Portanto, adotar e aderir aos padrões estabelecidos pela norma não constitui apenas uma decisão inteligente, mas também uma necessidade imperiosa para os profissionais da construção que buscam atender às demandas e expectativas do mercado contemporâneo, alinhando-se com princípios fundamentais de qualidade e sustentabilidade.

**Douglas Zimmermann Melo**

Engenheiro Civil



# Sumário

## 1. DESEMPENHO ACÚSTICO

- 7** 1.1 Desempenho acústico e conforto acústico
- 8** 1.2 Ruído aéreo e ruído estrutural
- 9** 1.3 Critérios normativos da NBR 15575
- 12** 1.4 Método de cálculo para prever o desempenho acústico de sistemas construtivos

## 2. DESEMPENHO TÉRMICO

- 25** 2.1 Métodos de avaliação
- 27** 2.2 Método simplificado
- 41** 2.3 Simulação computacional
- 44** 2.4 Iluminação natural

# 1 Desempenho acústico

## 1.1 DESEMPENHO ACÚSTICO E CONFORTO ACÚSTICO

O desempenho acústico e o conforto acústico são conceitos relacionados, mas distintos, no contexto da acústica ambiental e do design de espaços.

### 1.1.1 Desempenho acústico

O desempenho acústico refere-se à capacidade de um material, elemento ou sistema de lidar eficientemente com o som, seja em termos de absorção, isolamento, reflexão ou difusão sonora. Esse conceito está mais relacionado à eficácia do material ou sistema em controlar a propagação do som dentro de um espaço.

Por exemplo, quando se projeta uma sala de concertos, o desempenho acústico é essencial para garantir que o som seja refletido, dispersado e absorvido de forma apropriada, permitindo que a música seja ouvida com clareza e qualidade em todas as áreas da sala.

### 1.1.2 Conforto acústico

O conforto acústico, por outro lado, está relacionado ao bem-estar e à satisfação das pessoas em um ambiente em termos de exposição ao som. Um ambiente com bom conforto acústico é aquele onde o nível de ruído e a qualidade sonora são adequados e não causam desconforto, estresse ou impacto negativo na saúde e no bem-estar das pessoas que o ocupam.

Por exemplo, em um escritório, o conforto acústico é alcançado quando o ambiente é projetado de maneira a reduzir o ruído de fundo, minimizar a reverberação excessiva e controlar a transmissão de som entre espaços adjacentes. Isso ajuda a criar um ambiente mais produtivo e menos estressante para os funcionários.

Esse tipo de projeto é frequentemente aplicado em construções residenciais, comerciais, industriais e até mesmo em espaços públicos, onde o controle do ruído é essencial para o conforto e bem-estar das pessoas ou para garantir o cumprimento de regulamentos e normas.

Um projeto de isolamento acústico pode envolver as seguintes etapas:

- a) Avaliação do ambiente: Inicialmente, é feita uma análise detalhada do ambiente, identificando fontes de ruído e pontos fracos no isolamento acústico existente.
- b) Identificação de materiais e sistemas adequados: Com base na avaliação, são escolhidos os materiais e sistemas de isolamento acústico mais apropriados para a situação específica. Isso pode incluir o uso de materiais como painéis acústicos, espumas, barreiras de isolamento, janelas e portas com propriedades acústicas especiais, entre outros.

- c) Projeto e instalação: O projeto é elaborado, indicando onde e como os materiais de isolamento serão aplicados. Em seguida, os materiais são instalados conforme o planejado.
- d) Testes e ajustes: Após a instalação, é realizado um teste para verificar a eficácia do isolamento acústico. Se necessário, ajustes podem ser feitos para aprimorar o desempenho.
- e) Manutenção: O isolamento acústico requer manutenção periódica para garantir que continue funcionando corretamente ao longo do tempo.

As técnicas e materiais utilizados podem variar dependendo do tipo de isolamento desejado e do ambiente específico em que o projeto é implementado. O isolamento acústico pode ser aplicado em paredes, pisos, teto, portas, janelas e outras áreas vulneráveis à transmissão sonora.

Quando bem executado, um projeto de isolamento acústico pode significativamente melhorar o conforto e a qualidade de vida das pessoas em um ambiente, proporcionando-lhes um espaço mais tranquilo e livre de perturbações sonoras indesejadas.

## 1.2 RUÍDO AÉREO E RUÍDO ESTRUTURAL

A diferença entre ruído aéreo e ruído estrutural está relacionada à forma como o som é propagado e transmitido em um ambiente.

### 1.2.1 Ruído aéreo

O ruído aéreo é o som que se propaga através do ar de uma fonte sonora para os nossos ouvidos. Quando uma pessoa fala, uma música é tocada ou qualquer outra fonte sonora emite som, ele se propaga pelo ar na forma de ondas sonoras e alcança nossos ouvidos. O ruído aéreo pode ser transmitido através de paredes, janelas, portas e outras aberturas no ambiente.

Por exemplo, quando você ouve o som da televisão vindo do quarto ao lado, isso é um exemplo de ruído aéreo se propagando de um espaço para outro através de uma parede.

### 1.2.2 Ruído estrutural

O ruído estrutural, por outro lado, é o som que é transmitido através da estrutura física de um edifício ou objeto. Esse tipo de ruído é causado por vibrações e impactos físicos que fazem com que a estrutura do prédio ou o objeto emita sons.

Por exemplo, imagine uma máquina pesada operando em um edifício. As vibrações causadas por essa máquina podem ser transmitidas através da estrutura do prédio, fazendo com que as paredes ou pisos vibrem e emitam sons que podem ser percebidos em outros espaços.

## 1.3 CRITÉRIOS NORMATIVOS DA NBR 15575

Os critérios de desempenho acústico da NBR 15575 estão estabelecidos na seção 12 das partes 3 - Sistemas de Pisos, 4 – Sistemas de VVIE, 5 – Sistemas de Coberturas e 6 – Sistemas Hidrossanitários. A seção 12 trata especificamente do desempenho acústico de edificações habitacionais. Esses critérios visam garantir níveis mínimos de desempenho acústico dos sistemas construtivos das edificações, reduzindo a transmissão de ruídos aéreos e de impacto entre diferentes ambientes, proporcionando aos usuários condições de alcançar o conforto acústico no interior dos ambientes.

### 1.3.1 Desempenho quanto ao ruído aéreo entre ambientes

Esse critério da norma estabelece níveis mínimos de isolamento acústico para diferentes elementos construtivos, como paredes, pisos, portas e janelas, de forma a reduzir a transmissão de ruídos aéreos entre ambientes. O objetivo é evitar que sons indesejados, como vozes, música alta ou ruídos externos, se propaguem entre os espaços e perturbem o conforto dos moradores.

Para avaliação desse critério é utilizado o parâmetro  $D_{nt,w}$  e  $D_{2m,nt,w}$ , sendo o primeiro para avaliar o desempenho ao ruído aéreo de paredes de geminação entre unidades habitacionais e o segundo para avaliar o desempenho acústico ao ruído aéreo de sistemas de fachadas.

**Tabela 1 - Parâmetros acústicos de avaliação**

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação pertinente
$D_{nt,w}$	Diferença de nível padronizada ponderada	ABNT NBR ISO 16283-1 ISO 717-1	Vedações verticais internas em edificações (sistemas de paredes)
$D_{2m,nt,w}$	Diferença de nível padronizada ponderada a 2 metros de distância da fachada	ISO 16283-3 ISO 717-1	Vedações verticais externas em edificações (fachadas)

Fonte: ABNT NBR 15575:2021

Esse parâmetro avalia de forma objetiva a diferença entre o nível de ruído medido no ambiente gerador com o ruído medido no ambiente receptor. Os ensaios são feitos com ruídos padronizados, possibilitando assim a comparação efetiva entre edificações distintas.

A norma traz valores mínimos de quanto determinados sistemas devam reduzir de ruído entre os ambientes.

Para os sistemas de pisos temos:

**Tabela 2** - Critério de nível de desempenho mínimo para ruído aéreo em sistemas de pisos

Elemento de separação	$D_{nT,w}$ dB
Sistema de piso entre as unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	≥ 45
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias situados em pavimentos distintos	≥ 40
Sistema de piso entre as unidades habitacionais autônomas, nas situações em que não haja ambiente dormitório	≥ 40
Sistemas de piso separando dormitório de unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo para atividades de lazer e esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	≥ 45

Fonte: ABNT NBR 15575:2021

Para os sistemas de paredes internas, temos:

**Tabela 3** - Critério de nível de desempenho mínimo para ruído aéreo de vedações internas

Elemento de separação	$D_{nT,w}$ dB
Parede entre as unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações em que não haja ambiente dormitório	≥ 40
Paredes entre as unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	≥ 45
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e as áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias nos pavimentos	≥ 40
Parede cega entre uma unidade habitacional e as áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias dos pavimentos, nas situações em que não haja dormitório	≥ 30
Parede cega entre o dormitório ou sala de uma unidade habitacional e as áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	≥ 45
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ( $D_{nT,w}$ obtida entre as unidades), nas situações em que não haja ambiente dormitório	≥ 40
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ( $D_{nT,w}$ obtida entre as unidades), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	≥ 45

Fonte: ABNT NBR 15575:2021

Para os sistemas de paredes externas temos:

**Tabela 4** - Critério de nível de desempenho mínimo para ruído aéreo de vedações externas (dormitórios)

Classe de ruído	$L_{inc}$ dB	$D_{2m,nT,w}$ dB (dormitório)
I	≤ 60	≥ 20
II	61 a 65	≥ 25
III	66 a 70	≥ 30

Fonte: ABNT NBR 15575:2021

### 1.3.2 Desempenho quanto ao ruído de impacto entre ambientes

Essa parte da norma estabelece níveis mínimos de isolamento acústico para o ruído de impacto causado por atividades como caminhar, arrastar móveis, saltar, entre outras. O objetivo é evitar que esses ruídos sejam transmitidos através do piso e perturbem os moradores do andar inferior.

Este parâmetro, que é o  $L'_{nT,w}$ , é utilizado apenas para avaliar sistemas de pisos, não sendo, portanto, avaliado para vedações verticais.

**Tabela 5** - Parâmetros acústicos de avaliação de ruído de impacto

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação pertinente
$L'_{nT,w}$	Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado	ISO 16283-2 ISO 717-2	Sistemas de pisos em edificações

Fonte: ABNT NBR 15575:2021

A forma de avaliação desse parâmetro é a geração de um ruído de impacto padronizado no piso do ambiente superior (gerador) e feita a medição do ruído no ambiente abaixo (receptor). Aqui o parâmetro não avalia o quanto de ruído o sistema de piso está reduzindo de ruído, mas sim qual é o nível de ruído medido, não devendo ultrapassar o limite máximo estabelecido em norma.

### 1.3.3 Desempenho ao ruído de instalações

Essa parte da norma estabelece critérios para o ruído causado por instalações de equipamentos, como sistemas de ar-condicionado, elevadores, bombas e outros dispositivos mecânicos. O objetivo é garantir que essas instalações não produzam níveis excessivos de ruído que possam afetar negativamente o conforto dos moradores.

Esse critério não é normativo, não sendo, portanto, obrigatório.

## 1.4 MÉTODO DE CÁLCULO PARA PREVER O DESEMPENHO ACÚSTICO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A norma ISO 12354 foi desenvolvida ao longo de vários anos por especialistas e profissionais da área de acústica e construção. Seu histórico remonta ao início das preocupações com o desempenho acústico em edifícios e à necessidade de padrões internacionais para avaliar e melhorar a qualidade acústica dos espaços construídos.

Ao longo do seu histórico, a ISO 12354 tem se consolidado como uma referência internacional no campo da acústica de edifícios. Ela proporciona diretrizes e métodos de cálculo para prever e avaliar o desempenho acústico de diferentes componentes e sistemas em edifícios, como paredes, pisos, tetos, janelas e portas.

A norma ISO 12354 também aborda a absorção sonora de materiais de construção, o isolamento sonoro ao ruído aéreo e ao ruído de impacto, e fornece critérios para a classificação do desempenho acústico dos elementos construtivos.

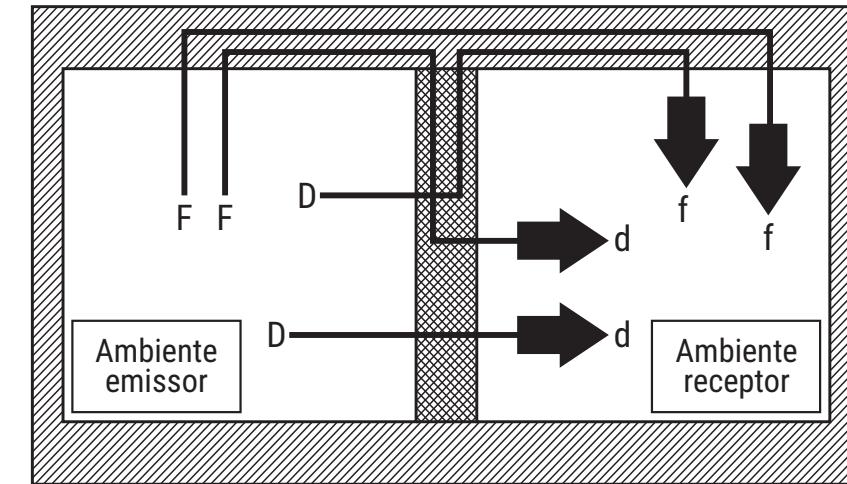
### 1.4.1 Ruído aéreo entre ambientes internos

O Índice de Redução Sonora aparente ( $R'w$ ) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $DnT,w$ ) caracterizam a capacidade de um elemento divisório (parede ou piso), posto em obra entre dois ambientes, da redução do ruído. Tais índices levam em conta, além das características intrínsecas de redução sonora da divisória, também todas as vias de transmissão sonora lateral. Nas situações mais recorrentes, as vias de transmissão são treze (13), dos quais uma (01) é direta (através da divisória em observação) e doze (12) são de transmissão lateral (indireta), três para cada lado da parede.

Nas figura seguinte são configurados a via de transmissão direta ( $Dd$ ) e as três vias de transmissão laterais para um dos quatro lados do elemento divisório ( $Ff$ ,  $Fd$ ,  $Df$ ) onde:

- »  $D$ : indica o elemento divisório lateral ambiente emissor
- »  $d$ : indica o elemento divisório lateral ambiente receptor
- »  $F$ : indica a estrutura lateral lado ambiente emissor
- »  $f$ : indica a estrutura lateral lado ambiente receptor

Figura 1 - Linhas de propagação do ruído aéreo



Fonte: ISO 12354

#### 1.4.1.1 Cálculo de $R'w$ e $DnT,w$

O Índice de Redução Sonora aparente ( $R'w$ ) de uma divisória que separa dois ambientes adjacentes pode ser calculado “combinando” entre elas treze (13) vias de ruído com a seguinte relação matemática:

$$R'w = -10 \log \left( 10^{\frac{-R_w Dd}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_w Ff}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_w Df}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{-R_w Fd}{10}} \right)$$

onde:

- »  $R_w, ij$  é o índice de redução sonora que caracteriza a via  $ij$
- »  $n$  é o número de lados do elemento divisório (geralmente quatro)

O descritor  $D_{nT,w}$  se obtém partindo de  $R'_w$  com a seguinte relação:

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \log \frac{0,16 \cdot V}{T_0 \cdot S_s}$$

onde:

- »  $V$  é o volume do ambiente receptor [ $m^3$ ]
- »  $T_0$  é o tempo de reverberação de referência para ambientes habitacionais, igual a 0,5 segundos
- »  $S_s$  é a área do elemento de separação [ $m^2$ ]

#### 1.4.1.2 Cálculo de $R_{w,ij}$

Toda simples via de transmissão sonora “ij”, que parte da divisória “i” e termina na divisória “j”, é determinado com a relação:

$$R_{w,ij} = \frac{R_{w,i} + R_{w,j}}{2} + \Delta R_{w,ij} + K_{ij} + 10 \log \frac{S}{l_0 l_{ij}}$$

onde:

- »  $R_{w,i}$  é o índice de avaliação de isolamento sonoro da estrutura “i” sem elementos de revestimento (contrapisos flutuantes, contraparedes, forros) (dB)
- »  $R_{w,j}$  é o índice de avaliação de isolamento sonoro da estrutura “j” sem elementos de revestimento (contrapisos flutuantes, contraparedes, forros) (dB)
- »  $\Delta R_{w,ij}$  é o aumento do índice de avaliação de isolamento sonoro devido à aposição de camadas de revestimento durante a via i-j (contrapisos flutuantes, contraparedes, forros)
- »  $K_{ij}$  é o índice de redução das vibrações da via i-j (dB)
- »  $S$  é a superfície das divisórias ( $m^2$ )
- »  $l_0$  é o comprimento de referência igual a 1 m.
- »  $l_{ij}$  é o comprimento da junta entre as estruturas ij consideradas

No caso que se esteja analisando a via direta ( $D_d$ ) a fórmula se reduz a:

#### 1.4.1.3 Cálculo de $R_w$

Existem muitas fórmulas desenvolvidas por diferentes laboratórios, a seguir são elencadas algumas delas. Para cada fórmula são indicados o país de proveniência e os limites de validade. Relações propostas por relatório técnico UNI TR 11175 Laboratórios italianos:

$$R_w = 20 \log (m')$$

Tal fórmula é válida para divisórias horizontais e verticais (individuais ou duplas) com  $m' > 80 \text{ kg/m}^2$ . No caso de paredes duplas a cavidade deve ser sem material de absorção sonora e de espessura igual ou menor a 5 cm.

$$R_w = 37,5 \log (m') - 42$$

Tal fórmula é válida para estruturas de base monolítica com  $m' > 150 \text{ kg/m}^2$

Nota: para as duas relações acima descritas, o Relatório Técnico UNI TR 11175 propõe adicionar um fator de cálculo igual a  $-2 \text{ dB}$

#### 1.4.1.4 Cálculo de $K_{ij}$

O índice de redução das vibrações  $K_{ij}$ , característica da via i-j, pode ser determinado conhecendo:

- » o tipo de conexão entre a parede divisória e as estruturas laterais
- » as massas para unidade de superfície das estruturas envolvidas.

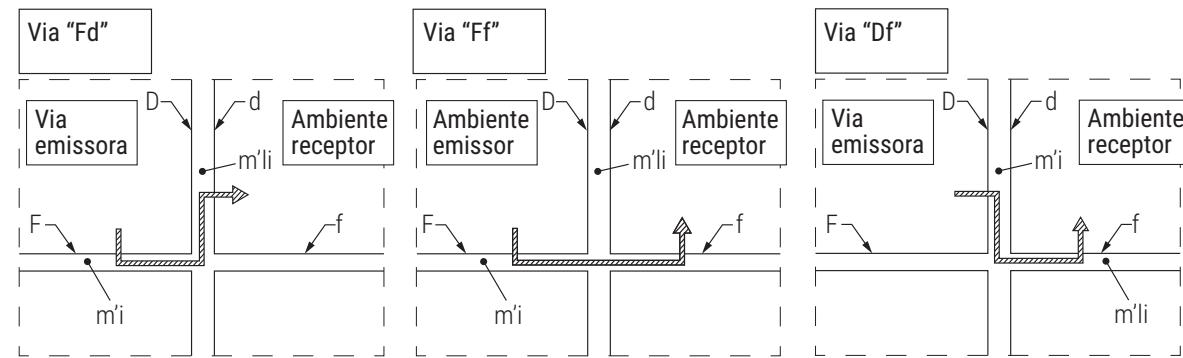
$K_{ij}$  depende do parâmetro  $M$  definido como:

$$M = \log \frac{m_{ji}}{m_j}$$

onde:

- »  $m'_i$  é a massa superficial do elemento “i” da via lateral i-j ( $\text{kg/m}^2$ )
- »  $m_{1i}$  é a massa superficial do elemento perpendicular ao elemento “i”, a esse conectado na junta considerada ( $\text{kg/m}^2$ )

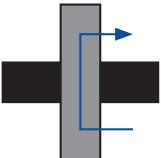
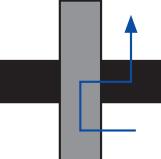
Figura 2 - Definição do parâmetro M



Fonte: ISO 12354

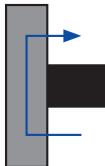
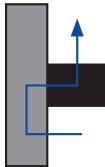
Nas tabelas seguintes são mostradas as relações para calcular Kij com base ao tipo de ligação e ao tipo de via considerado.

Tabela 6 - Relações de cálculo de Kij

Tipo de ligação	Via de transmissão	Kij
Rígida em cruz (conexão entre paredes pesadas, ex.: em alvenaria)		$K_{13} = 8,7 + 17,1M + 5,7 \text{ m}^2$
		$K_{12} = 8,7 + 5,7 \text{ m}^2$

Fonte: ISO 12354

Continuação da tabela 6

Tipo de ligação	Via de transmissão	Kij
Rígida em T (conexão entre paredes pesadas, ex.: em alvenaria)		$K_{13} = 5,7 + 14,1M + 5,7 \text{ m}^2$
		$K_{12} = 5,7 + 5,7 \text{ m}^2$

Fonte: ISO 12354

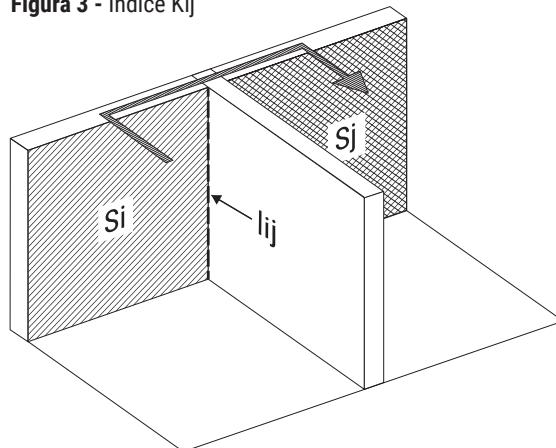
O valor do índice Kij deve, na tabela anterior, em todo caso, ser superior ou igual a um valor mínimo dado pela relação:

$$K_{ij} = 10 \log \left[ l_{ij} l_0 \left( \frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_j} \right) \right]$$

onde:

- » Si é a superfície do elemento i no ambiente emissor [m<sup>2</sup>]
- » Sj é a superfície do elemento j no ambiente receptor [m<sup>2</sup>]
- » lij é o comprimento da junta ij [m]
- » l0 é o comprimento de referência igual a 1 m

Figura 3 - Índice Kij



Fonte: ISO 12354

### 1.4.2 Desempenho acústico de fachada (D2M, NT, W)

O índice de avaliação do desempenho acústico de fachada, sendo a Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada (D2mnTw), caracteriza a capacidade da fachada, de um específico cômodo, de redução do ruído proveniente do exterior. Tal índice depende do Índice de Redução Sonora aparente da fachada (R'w), da presença ou ausência de barreiras externas e das dimensões do cômodo em observação. Cálculo de D2mnTw O índice D2mnTw é calculado com a seguinte relação:

$$D_{2m,nTw} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \log \left( \frac{V}{6T_0 S_{tot}} \right)$$

onde:

- » R'w é o Índice de Redução Sonora aparente da fachada [dB] DLfs é o termo corretivo que quantifica a influência de eventuais elementos vedantes [dB]
- » V é o volume do ambiente considerado [m³]
- » T0 é o tempo de reverberação de referência, assumido como sendo igual a 0,5 s Stot é a superfície de fachada vista do interior [m²]

### 1.4.2.1 Cálculo do desempenho acústico de fachada plana (D2m,nT,w)

O índice de avaliação do desempenho acústico de fachada, sendo a Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada (D2mnTw), caracteriza a capacidade da fachada, de um específico cômodo, de redução do ruído proveniente do exterior. Tal índice depende do Índice de Redução Sonora aparente da fachada (R'w), da presença ou ausência de barreiras externas e das dimensões do cômodo em observação.

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + 10 \log \frac{V}{(6,25 * A * t)}$$

Onde:

- » D2m,nT,w – Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada V – Volume do ambiente interno
- » A – Área do ambiente interno
- » t – tempo de reverberação do ambiente interno (para fins de dimensionamento adota-se 0,5 seg)

$$R'_w = 10 \log \frac{\frac{\sum S_i}{S_i} (dB)}{\sum \frac{S_i}{100,1R_i}}$$

Onde:

- » R'w – Índice de Redução Sonora aparente de elemento composto (Fachada) Si – Área de cada elemento (Parede, Esquadria)
- » Ri – Índice de Redução Sonora aparente de cada elemento (Dimensionamento pela lei das massas)

### 1.4.3 Desempenho acústico de piso ao ruído de impacto (L'nT,w)

O índice de avaliação do desempenho acústico de piso ao ruído de impacto, sendo o Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado (L'nT,w), caracteriza o ruído percebido no ambiente perturbado (receptor) quando é ativada uma fonte normalizada de ruído de impactos (Tapping Machine) no piso em observação.

Quanto mais baixo é o seu valor, então maior será a capacidade do piso de atenuar o ruído de impacto. Tal índice depende do Nível de pressão sonora de impacto normalizado ponderado ( $L'_{n,w}$ ) e das dimensões do cômodo em observação. Cálculo de  $L'_{nT,w}$  O índice  $L'_{nT,w}$  é calculado com a seguinte relação

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w} - 10 \log \left( \frac{V}{30} \right)$$

onde:

- »  $L'_{n,w}$  é o Nível de pressão sonora de impacto normalizado ponderado [dB]
- »  $V$  é o volume do ambiente considerado [m<sup>3</sup>]

#### 1.4.3.1 Cálculo de $L'_{n,w}$

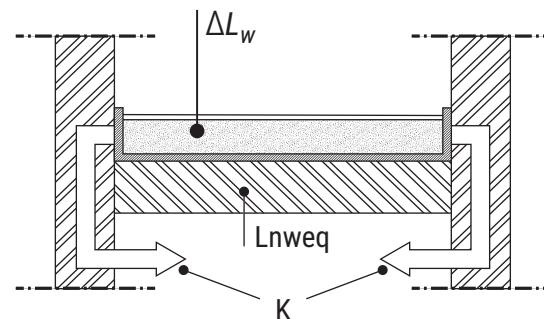
O índice  $L'_{n,w}$  é calculado com a seguinte relação

$$L'_{n,w} = L_{nweq} - \Delta L_w + K$$

onde:

- »  $L_{nweq}$  é o nível de ruído de impacto equivalente referido ao piso “em osso”, destituído da camada de contrapiso flutuante [dB]
- »  $\Delta L_w$  é o índice de avaliação relativo à redução dos ruídos de impacto devido à presença de contrapiso flutuante ou revestimento elástico [dB]
- »  $K$  é a correção a ser realizada para a presença de transmissão lateral de ruído. O seu valor depende da massa superficial do piso “em osso” e da massa superficial das estruturas laterais [dB]

**Figura 4 - Vias de transmissão do ruído de impacto**



Fonte: ISO 12354

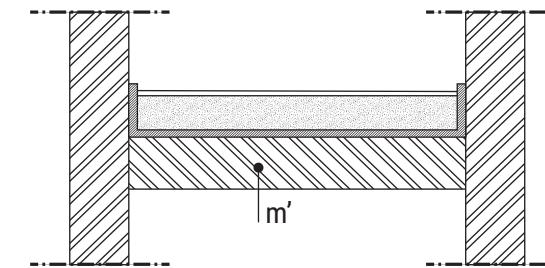
#### 1.4.3.2 Cálculo de $L_{nweq}$

O valor de  $L_{nweq}$ , relativo à estrutura destituída de contrapiso flutuante, pode ser conseguido por ensaios de laboratório ou calculado com a seguinte relação (proposta pela UNI EN 12354-2 e UNI TR 11175)

onde:

- »  $m'$  é a massa superficial das camadas de pisos abaixo do contrapiso flutuante (kg/m<sup>2</sup>)
- »  $m'_0$  é a massa de referência igual a 1 kg/m

**Figura 5 - Parâmetro M para ruído de impacto**



Fonte: ISO 12354

Segundo exigido pela norma UNI EN 12354-2:2002, tal fórmula é utilizável para pisos de tipo “homogêneo” tendo massa por unidade de área ( $m'$ ) compreendida entre 100 e 600 kg/m<sup>2</sup>.

- » Os pisos que são considerados como “homogêneos” pela norma são:
- » Pisos em concreto sólido construído em obra
- » Pisos em concreto celular sólido, autoclavado
- » Pisos feitos com tijolos furados
- » Pisos feitos com “vigas e alvéolos”
- » Pisos feitos com “lajes em concreto”
- » Pisos feitos com vigas em concreto.

### 1.4.3.3 Cálculo de ΔLw

O índice ΔLw de revestimentos elásticos e de contrapisos flutuantes pode ser obtido por certificados de laboratório conforme à norma ISO 10140. Alternativamente, para os contrapisos flutuantes o índice pode também ser dado, analiticamente, mediante as relações:

$$\Delta L_w = 30 \log \frac{f}{f_0} + 3 \quad \text{Para contrapisos flutuantes feitos em concreto}$$

$$\Delta L_w = 40 \log \frac{f}{f_0} - 3 \quad \text{Para contrapisos flutuantes feitos a seco}$$

onde:

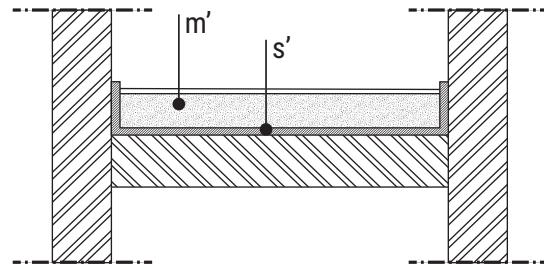
- » f é a frequência de referência igual a 500 Hz
- » fo é a frequência de ressonância do sistema contrapiso + camada elástica, calculada com base na seguinte relação:

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'}}$$

onde:

- » s' é a rigidez dinâmica da camada elástica interposta obtida segundo ensaios de laboratório em conformidade à UNI EN 29052-1; 1993 [MN/m³]
- » m' é a massa superficial do contrapiso acima da camada elástica [kg/m²]

Figura 6 - Parâmetro F0



Fonte: ISO 12354

### 1.4.3.4 Cálculo de K

O valor do índice K é obtível pela tabela a seguir. Isso depende da massa superficial do piso de sustentação (camadas de piso inferiores ao material elástico) e da massa superficial média das paredes laterais. No cálculo da massa superficial média das paredes laterais não se consideram as paredes revestidas com uma camada isolante tendo frequência de ressonância inferior a 125 Hz (ex.: contraparedes em placa de estuque).

Tabela 8 - Valor de K

m' piso de sustentação (kg/m²)	m' paredes laterais médias (kg/m²)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
150	1	1	0	0	0	0	0	0	0
200	2	1	1	0	0	0	0	0	0
250	2	1	1	1	0	0	0	0	0
300	3	2	1	1	1	0	0	0	0
350	3	2	1	1	1	1	0	0	0
400	4	2	2	1	1	1	1	0	0
450	4	3	2	2	1	1	1	1	1
500	4	3	2	2	1	1	1	1	1
600	5	4	3	2	2	1	1	1	1
700	5	4	3	3	2	2	1	1	1
800	6	4	4	3	2	2	2	1	1
900	6	5	4	3	3	2	2	2	2

Fonte: ISO 12354

# 2 DESEMPENHO TÉRMICO

## 2.1 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

O desempenho térmico da UH deve ser analisado considerando um dos procedimentos a seguir:

- a) procedimento simplificado:** avalia o desempenho térmico da UH por meio da comparação de características geométricas dos APP e de propriedades térmicas dos sistemas construtivos em relação aos valores de referência destes parâmetros.

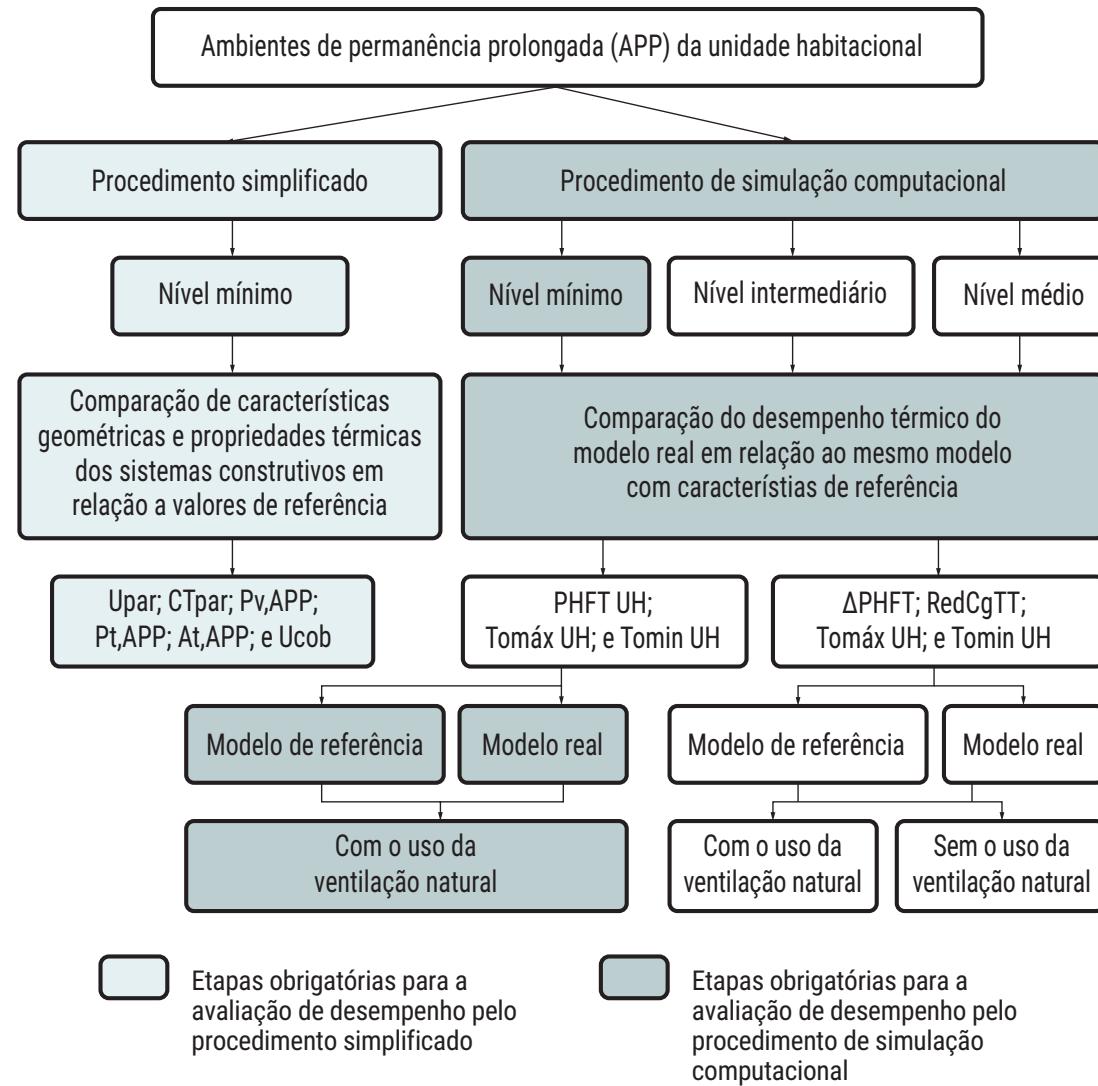
Este procedimento estabelece o atendimento aos requisitos e critérios para sistemas de vedações verticais externas (SVVE) e de coberturas, descritos na ABNT NBR 15575-4:2021, Seção 11, e na ABNT NBR 15575-5:2021, Seção 11, respectivamente. No caso do não atendimento de algum dos critérios do procedimento simplificado, por um ou mais APP, toda a avaliação da UH deve ser realizada por meio do procedimento de simulação computacional.

No caso de edificações multifamiliares, o mesmo procedimento deve ser adotado para todas as UH.

O procedimento simplificado permite a análise de desempenho térmico para a obtenção do nível mínimo, de caráter obrigatório. O atendimento aos níveis intermediário e superior deve ser avaliado por meio do procedimento de simulação computacional.

- b) procedimento de simulação computacional:** avalia o desempenho térmico da UH por meio do desenvolvimento de modelos computacionais em um programa compatível com as características descritas na NBR 15575. Este procedimento estabelece as condições para o desenvolvimento dos modelos real e de referência, que devem ser comparados com os critérios específicos. O procedimento de simulação computacional permite a avaliação da UH para o atendimento aos níveis mínimo, intermediário e superior.

Figura 7 - Tipos de avaliação de desempenho térmico



Fonte: NBR 15575:2021

## 2.2 MÉTODO SIMPLIFICADO

O procedimento simplificado avalia os sistemas de vedações verticais externas (SVVE) quanto aos valores de transmitância térmica ( $U_{par}$ ), capacidade térmica ( $CT_{par}$ ), percentual de abertura para ventilação ( $Pv,APP$ ), percentual de elementos transparentes ( $Pt,APP$ ) e área de superfície dos elementos transparentes ( $At,APP$ ) em relação aos critérios que indicam valores de referência para estes parâmetros. Os requisitos e critérios aplicados aos SVVE são descritos na ABNT NBR 15575-4:2021, Seção 11.

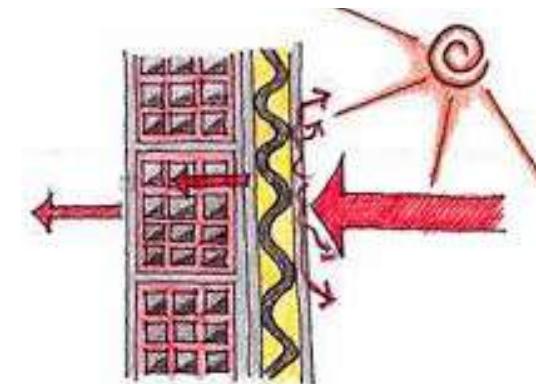
As coberturas são avaliadas no procedimento simplificado quanto à sua transmitância térmica ( $U_{cob}$ ), adotando-se o mesmo procedimento de comparação com um valor de referência. Os requisitos e critérios aplicados às coberturas são descritos na ABNT NBR 15575-5:2021, Seção 11.

### 2.2.1 Transmitância térmica

#### 2.2.1.1 Conceito de transmitância (U)

Transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo; neste caso, dos vidros e dos componentes opacos das paredes externas e coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes. Unidade de medida:  $W/(m^2.K)$

Figura 8 - Fluxo de calor por uma parede



As paredes externas dos APP devem possuir valor de transmitância térmica ( $U_{par}$ ) igual ou inferior ao valor de referência, de acordo com a Tabela 9.

fonte: [mme.gov.br/projeteee/estrategias-bioclimaticas/](http://mme.gov.br/projeteee/estrategias-bioclimaticas/)

Tabela 9 - Transmitância térmica de paredes

Transmitância térmica de paredes ( $U_{par}$ ) W/(m <sup>2</sup> .K)		
Zonas bioclimáticas 1 e 2	Zonas bioclimáticas 3 a 8	
$U_{par} \leq 2,7$	$\alpha_{par}^a \leq 0,6$	$\alpha_{par} > 0,6$
	$U_{par} \leq 3,7$	$U_{par} \leq 2,5$

Fonte: NBR 15575:2021

As coberturas dos APP devem possuir valor de transmitância térmica ( $U_{cob}$ ) igual ou inferior ao valor de referência, de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 10 - Transmitância térmica de coberturas

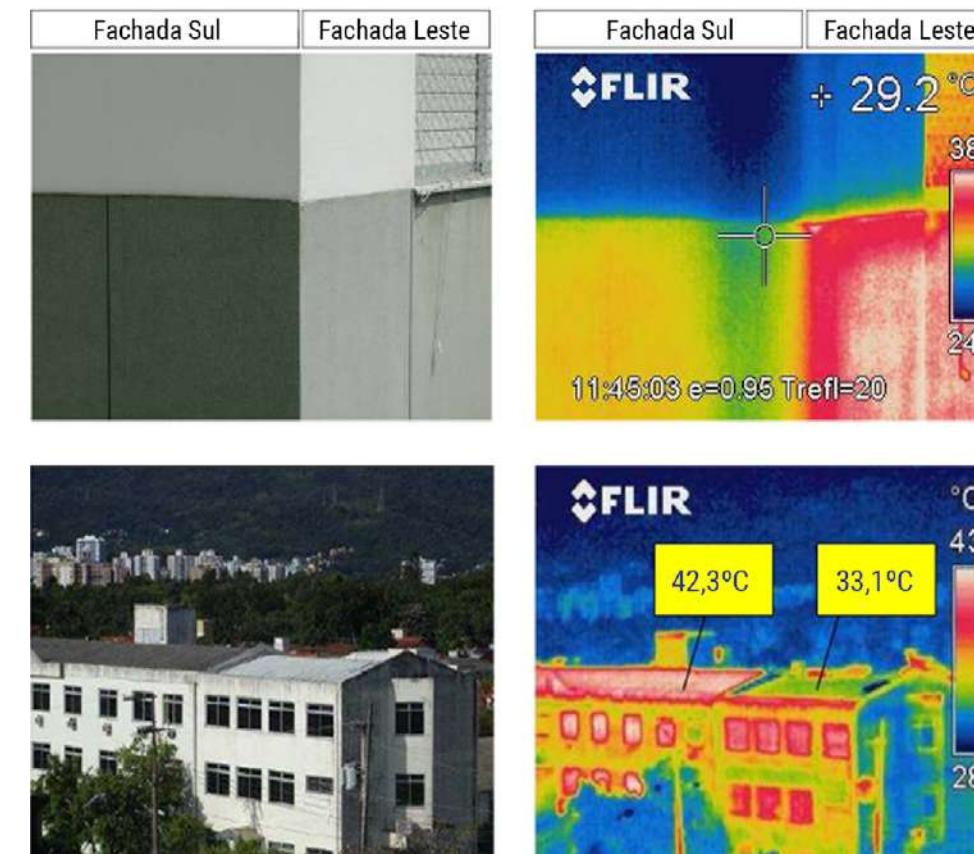
Transmitância térmica de coberturas ( $U_{cob}$ ) W/(m <sup>2</sup> .K)				
Zonas bioclimáticas 1 e 2	Zonas bioclimáticas 3 a 6		Zonas bioclimáticas 7 e 8	
$U_{cob} \leq 2,30$	$\alpha_{cob}^a \leq 0,6$	$\alpha_{cob} > 0,6$	$\alpha_{cob}^a \leq 0,4$	$\alpha_{cob} > 0,4$
	$U_{cob} \leq 2,3$	$U_{cob} \leq 1,5$	$U_{cob} \leq 2,3.FT$	$U_{cob} \leq 1,5.FT$

Fonte: NBR 15575:2021

2.2.1.2 Conceito de absorptância térmica ( $\alpha$ )

Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.

Figura 9 - Taxa de radiação solar absorvida - Unidade de medida: adimensional



Fonte: NBR 15575:2021

Quando um APP possuir paredes externas com transmitâncias térmicas distintas, devem-se ponderar os valores de transmitância térmica pelas áreas das superfícies internas de cada parede, a fim de se obter a transmitância térmica equivalente, de acordo com a seguinte equação:

$$J_{par,eq} = \frac{\sum_{i=1}^n (U_{par,i} \cdot A_{par,sup,int,i})}{\sum_{i=1}^n A_{par,sup,int,i}}$$

Quando um APP possuir paredes externas com pinturas ou revestimentos externos de absorvâncias distintas, devem-se ponderar os valores de absorvância pelas áreas externas de cada pintura ou revestimento, a fim de se obter a absorvância equivalente, de acordo com a seguinte equação:

$$\lambda_{par,eq} = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_{par,i} \cdot A_{par,sup,ext,i})}{\sum_{i=1}^n A_{par,sup,ext,i}}$$

As áreas de superfície constituídas por detalhes arquitetônicos, com pequena influência na fachada, podem ser desconsideradas nos cálculos de absorvância equivalente, desde que apresentada justificativa técnica fundamentada.

### 2.2.1.3 Cálculo da transmitância térmica

Os valores de transmitância térmica de paredes externas devem ser obtidos por meio dos procedimentos descritos na ABNT NBR 15220-2.

Ver memória de cálculo da NBR 15220-2:2005

Fórmulas básicas:

» Resistência térmica (W/m².K)  $R = \frac{e}{\lambda}$

**Tabela 11** – Resistência térmica superficial interna e externa

Material	$\rho$ (kg/m³)	$\lambda$ (W/(m.K))	C (kJ/(kg.K))
<b>Argamassas</b>			
Argamassa comum	1800-2100	1,15	1,00
Argamassa de gesso (ou cal e gesso)	1200	0,70	0,84
Argamassa celular	600-1000	0,40	1,00

Fonte: NBR 15220:2005

» Resistência térmica superfície a superfície:

$$R_t = R_{t1} + R_{t2} + R_{tn}$$

» Resistência térmica ambiente a ambiente

$$R_T = R_{se} + R_t + R_{si}$$

**Tabela 12** – Resistência térmica superficial interna e externa

$R_{si}$ (m².K)/W			$R_{se}$ (m².K)/W		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
→	↑	↓	→	↑	↓
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: NBR 15220:2005

» RT de camadas não homogêneas

$$R_w = \frac{(Aa + Ab + \dots + An)}{\frac{Aa}{Ra} + \frac{Ab}{Rb} + \dots + \frac{An}{Rn}}$$

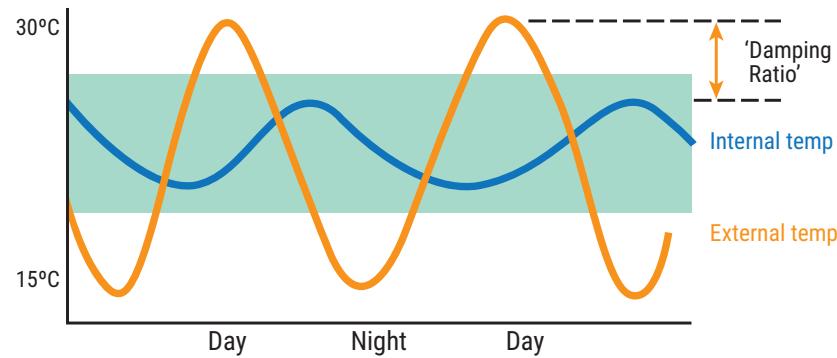
» Transmitância térmica (W/m².K)  $U = \frac{1}{R_t}$

## 2.2.2 Capacidade térmica de paredes externas (CTPAR)

### 2.2.2.1 Conceito de Capacidade Térmica – CT

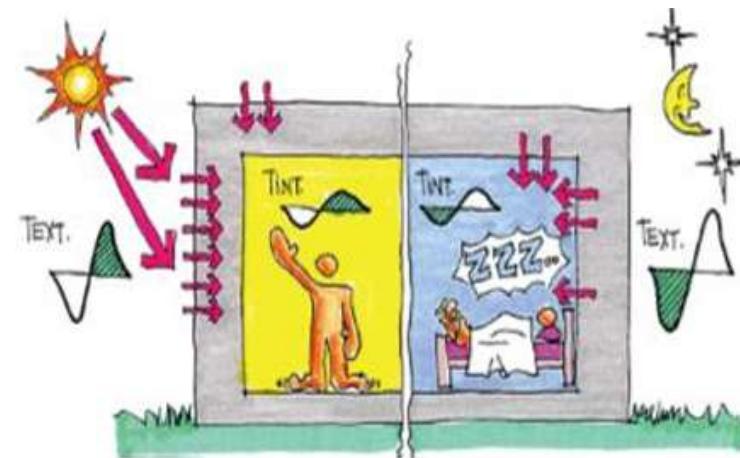
Quantidade de calor necessária para variar, em uma unidade, a temperatura de um sistema. Também pode ser conhecido como Inércia Térmica, em outras palavras, a capacidade térmica nos informa a quantidade de calor que deve ser absorvida ou cedida por um corpo para que ocorra a variação de 1°.

Figura 10 - Atraso térmico



Fonte: LAMBERTS. Roberto, et al. Eficiência Energética na Arquitetura. 3ed. Eletrobras/Procel, 2014.

Figura 11 - Inércia Térmica



**NOTA**

A capacidade térmica é calculada conforme a ABNT NBR 15220-2. Para a capacidade térmica de paredes externas, adota-se o termo  $CT_{par}$ . Unidade de medida:  $kJ/(m^2.K)$

Fonte: Ilustração de Luciano Dutra. in LAMBERTS, R. et al. Eficiência Energética na Arquitetura. Eletrobras/Procel, 2014.

As paredes externas dos APP devem possuir valor de capacidade térmica igual ou superior ao valor de referência, de acordo com a tabela 13.

Tabela 13 - Capacidade térmica de paredes

Capacidade térmica de paredes ( $CT_{par}$ ) kJ/(m <sup>2</sup> .K)	
Zonas bioclimáticas 1 a 7	Zona bioclimática 3 a 8
$CT_{par} \geq 130$	Sem requisito

Fonte: NBR 15575:2021

Quando um APP possuir paredes externas com capacidades térmicas distintas, devem-se ponderar os valores de capacidade térmica pelas áreas das superfícies internas de cada parede externa, a fim de se obter a capacidade térmica equivalente, de acordo com a seguinte equação:

$$CT_{par,eq} = \frac{\sum_{i=1}^n (CT_{par,i} \cdot A_{par,sup,int,i})}{\sum_{i=1}^n A_{par,sup,int,i}}$$

2.2.2.2 Cálculo da capacidade térmica das paredes externas

Os valores de capacidade térmica das paredes externas devem ser obtidos por meio dos procedimentos descritos na ABNT NBR 15220-2.

» Ver memória de cálculo da NBR 15220-2:2005

**Fórmulas básicas**

» Capacidade térmica:  $CT = e \cdot r \cdot c$

Tabela 14 – Densidade de massa aparente ( $\rho$ ), condutividade térmica ( $\lambda$ ) e calor específico ( $c$ ) de materiais.

Material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/(m.K))	$c$ (kJ/(kg.K))
<b>Argamassas</b>			
Argamassa comum	1800-2100	1,15	1,00
Argamassa de gesso (ou cal e gesso)	1200	0,70	0,84
Argamassa celular	600-1000	0,40	1,00

Fonte: NBR 15575:2021

» Camadas não homogêneas:

$$CT = \frac{(Aa + Ab + \dots + An)}{\frac{Aa}{CTa} + \frac{Ab}{CTb} + \dots + \frac{An}{CTn}}$$

No caso de paredes que apresentem, na sua composição, materiais isolantes térmicos de condutividade térmica menor ou igual a 0,065 W/(m.K) e resistência térmica maior que 0,5 (m².K)/W, o cálculo da capacidade térmica deve ser realizado desprezando-se todos os materiais voltados para o ambiente externo, posicionados a partir do isolante ou espaço de ar.

Mantas de lã de rocha, lã de vidro e lã de pet são exemplos de materiais com condutividade térmica inferior a 0,065 W/(m.K).

**Tabela 15** – Continuação da tabela 12

Material	$\rho$ (kg/m³)	$\lambda$ (W/(m.K))	C (kJ/(kg.K))
<b>Isolantes térmicos</b>			
Lã de rocha	20-200	0,045	0,75
Lã de vidro	10-100	0,045	0,70
Poliestireno expandido moldado	15-35	0,040	1,42
Poliestireno extrudado	25-40	0,035	1,42
Espuma rígida de poliuretano	30-40	0,030	1,67

Fonte: NBR 15220:2005

Portanto, sistemas de construção seca (drywall) tendem a não atender a este critério pois a face interna normalmente é composta por materiais leves que resultam em baixa capacidade térmica, necessitando realizar a simulação computacional.

### 2.2.3 Ventilação natural

Os APP devem possuir aberturas para ventilação com áreas que atendam à legislação específica da cidade na qual a UH está localizada, incluindo códigos de obras, códigos sanitários, entre outros.

Algumas legislações municipais estão flexibilizando o processo de aprovação de projeto simplificando o código de obras, como por exemplo o de Florianópolis.

Lei Complementar n. 60, de 11 de maio de 2000

#### INSTITUI O CÓDIGO DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES DE FLORIANÓPOLIS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS

**Art. 76.** Deverão observar normas específicas e regulamentações vigentes, derivada de análise técnica competente, os seguintes elementos e critérios:

...

XII - Iluminação e Ventilação dos Compartimentos;

XIII - Prismas de Iluminação e Ventilação;

...

§ 1º Mediante, análise técnica competente, poderão ser incluídas normas e determinações relativas a novos elementos e critérios que podem influenciar na elaboração do projeto, licença, obra e ocupação de qualquer edificação ou infraestrutura.

§ 2º Caberá ao responsável técnico observar as normativas derivadas de órgãos de financiamento, entes de licenciamento e regulação externos, e que imponham normas específicas sobre as determinações deste Código de Obras e que influenciem na elaboração do projeto, licença, obra e ocupação de qualquer edificação ou infraestrutura. (Redação dada pela Lei Complementar nº 707/2021)

Quando não houver exigências de ordem legal para o local de implantação da UH, os APP devem possuir percentual de abertura para ventilação (P<sub>V,APP</sub>) maior ou igual ao valor de referência, de acordo com a Tabela 16.

**Tabela 16** - Percentual de abertura de referência para ventilação natural (P<sub>V,APP</sub> - %)

ZB <sup>a</sup> 1 a 7	ZB 8 Região Norte do Brasil	ZB 8 Regiões Nordeste e Sudeste do Brasil
P <sub>V,APP</sub> ≥ 7,0 % de área de piso	P <sub>V,APP</sub> ≥ 12,0 % de área de piso	P <sub>V,APP</sub> ≥ 8,0 % de área de piso

Fonte: NBR 15575:2021

### 2.2.3.1 Cálculo do percentual de abertura para ventilação

O percentual de abertura para ventilação deve ser calculado de acordo com a seguinte equação:

$$P_{v,APP} = 100 \cdot \frac{A_{v,APP}}{A_{p,APP}}$$

A área de piso do APP ( $A_{p,APP}$ ) deve considerar todo o ambiente delimitado por este APP. Em espaços internos integrados, sem a presença de divisões por paredes ou portas, deve-se considerar a soma das áreas de piso desses espaços, resultando na área de piso do ambiente.

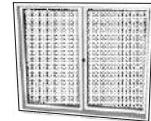
Podem ser considerados espaços integrados: salas e cozinhas conjugadas, salas com corredor ou hall de entrada, ou condições similares, desde que compreendidas por um único ambiente.

» Closets de dormitórios podem ser descontados da área de piso para o cálculo da área de ventilação.

Para o cálculo da área efetiva de abertura para ventilação do APP, devem ser consideradas as aberturas que permitam a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas de perfis, de vidros e de qualquer outro obstáculo.

Utilizar tabela do RTQ-R, a seguir, para cálculo das áreas de transparência e ventilação.

**Tabela 17** - Tabela de descontos de esquadrias

Tipo de janela	Ilustração	% de abertura para iluminação natural	% de abertura para ventilação natural
Abrir 90° (ou de giro) 1 ou 2 folhas		90	90
De correr (ou deslizante) 2 folhas		80	45
De correr (ou deslizante) 3 folhas sendo 2 venezianas		45	45

Fonte: Manual RQTR Procel Edifica

### 2.2.4 Elementos transparentes

As aberturas de cada APP devem atender ao percentual de elementos transparentes ou à área de superfície dos elementos transparentes, conforme os limites de área de piso descritos na Tabela 18.

**Tabela 18** - Limites para elementos transparentes

Percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ ) %	Área de superfície dos elementos transparentes ( $A_{t,APP}$ ) m <sup>2</sup>
$A_{p,APP} \leq 20,0 \text{ m}^2$	$A_{p,APP} > 20,0 \text{ m}^2$
$P_{t,APP} \leq 20,0 \%$	$A_{t,APP} \leq 4,0 \text{ m}^2$

Unidades habitacionais com APP que adotarem valores de  $P_{t,APP}$  ou  $A_{t,APP}$  que ultrapassem os limites desta Tabela devem ser avaliadas por meio do procedimento de simulação computacional, caso não considerem vidros de alto desempenho ou elementos de sombreamento horizontal.

Fonte: NBR 15575:2021

Nas UH localizadas em cidades de latitudes inferiores a -15°, as aberturas orientadas para o sul dos APP podem possuir percentual de elementos transparentes de até 30 %, desde que o APP possua apenas esta abertura com elementos transparentes. Se aplicada esta condição para os APP com  $A_{p,APP}$  superior a 20,0 m<sup>2</sup>, a  $A_{t,APP}$  deve ser menor ou igual a 6,0 m<sup>2</sup>.

**Figura 12** - Orientação das aberturas em relação à latitude



Fonte: elaboração do autor.

Nos APP das UH localizadas nas zonas bioclimáticas 3 a 8, é permitido percentual de abertura de elementos transparentes superior a 20%, caso sejam utilizados vidros de alto desempenho ou elementos de sombreamento horizontais nas aberturas, conforme os limites estabelecidos nas Tabelas 19 e 20 respectivamente.

As Tabelas 19 e 20 aplicam-se a todas as fachadas das zonas bioclimáticas 3 a 8, com exceção de fachadas Sul localizadas em latitudes inferiores a  $-15^{\circ}$ .

Na Tabela 19, o percentual de elementos transparentes pode ser avaliado a partir do fator solar máximo permitido, ou por meio do nível mínimo da etiqueta de desempenho da esquadria, estabelecido pela ABNT NBR 10821.

Avaliações a partir do nível da etiqueta não implicam no atendimento do fator solar tabelado, assim como a análise do fator solar não exige a especificação de esquadria etiquetada. Se aplicados os limites da Tabela 19 nos APP com  $A_{p,APP}$  maior que  $20,0 \text{ m}^2$ , deve-se respeitar o limite de  $A_{t,APP}$ , obtido a partir da multiplicação do  $P_{t,APP}$  da Tabela 19 pela área de  $20,0 \text{ m}^2$ .

Caso o mesmo APP utilize esquadrias externas com elementos transparentes de fatores solares diferentes, a verificação da Tabela 19 deve ser realizada considerando a média ponderada dos fatores solares, em relação às respectivas áreas de superfície dos elementos transparentes.

Vidro laminado utilizado em portas-janelas possuem FS diferente de vidro liso utilizado em janelas comuns, portanto caso tenha um ambiente conjugado de sala + cozinha, e a sala tiver uma porta-janela com vidro laminado e a cozinha tenha uma janela com vidro comum, o FS deverá ser a média ponderada dos dois tipos de vidros.

Somente deve ser feita a média ponderada quando for utilizado o FS para aumentar o limite de área de transparência e quando o vidro laminado for do tipo especial, pois nem todo vidro laminado possui FS igual ou inferior a 0,64.

**Tabela 19** - Percentual de elementos transparentes em função do fator solar ou do nível de etiqueta da esquadria.

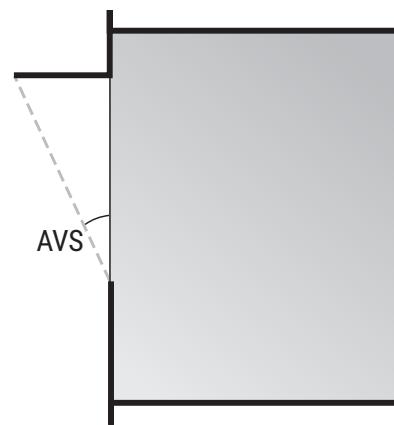
Percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ ) %	Fator Solar (FS) máximo	Nível da etiqueta de desempenho da esquadria		
		Latitudes $> -15^{\circ}$	$-15^{\circ} \geq$ Latitudes $\geq -25^{\circ}$	Latitudes $< -25^{\circ}$
$\leq 20$	Sem limites	Sem limites	Sem limites	Sem limites
21	0,64	D	D	E
22	0,61	D	D	E
23	0,58	D	D	E
24	0,55	D	D	E
25	0,52	C	D	E
26	0,50	C	D	E
27	0,47	C	C	E
28	0,45	C	C	E
29	0,40	B	C	D
30	0,38	B	B	D
31	0,36	B	B	D
32	0,34	B	B	D
33	0,32	A	A	D
34	0,30	A	A	D
35	0,28	A	A	C
36	0,26	A	A	C
37	0,24	A	A	C
38	0,22	A	A	C
39	0,20	A	A	C
$\geq 40$	Avaliação pelo procedimento de simulação computacional			

Se aplicados os limites desta Tabela nos APP com  $A_{p,APP}$  maior que  $20 \text{ m}^2$ , deve-se respeitar o limite de  $A_{t,APP}$  obtido a partir da multiplicação do  $P_{t,APP}$  pela área de  $20 \text{ m}^2$ .

Fonte: NBR 15575:2021

Quando existente sombreamento horizontal sobre os elementos transparentes, deve-se identificar, na Tabela 20, o percentual de elementos transparentes máximo, com base no ângulo vertical de sombreamento (AVS). Para  $A_{p,APP}$  maior que  $20,0 \text{ m}^2$ , deve-se respeitar o limite de  $A_{t,APP}$ , obtido pela multiplicação do  $P_{t,APP}$  pela área de  $20,0 \text{ m}^2$ . A delimitação do AVS é ilustrada na Figura 13.

**Figura 13** - Representação em corte de um ambiente para delimitação do ângulo vertical de sombreamento (AVS)



Fonte: NBR 15575:2021

A consideração da Tabela 20 está condicionada à presença de sombreamento ao longo de pelo menos 90 % da extensão horizontal dos elementos transparentes do APP. Caso esteja presente no APP elemento transparente desprotegido por sombreamento horizontal, que represente mais do que 10 % da extensão horizontal dos elementos transparentes deste APP, devem ser consideradas as proporções estabelecidas na Tabela 18.

Caso o mesmo APP utilize, sobre os elementos transparentes, sombreamento horizontal com diferentes valores de AVS, deve-se considerar o AVS que leve ao menor  $P_{t,APP}$  na Tabela 20.

**Tabela 20** - Percentual de elementos transparentes em função do ângulo vertical de sombreamento

Ângulo vertical de sombreamento (AVS) °	Percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ ) %		
	Fachadas Leste e Oeste	Latitudes < -15°	Latitudes ≥ -15°
		Fachada Norte	Fachadas Norte e Sul
30	22	24	23
35	23	27	23
40	25	29	24
45	27	33	25

Nos APP com mais de um elemento transparente protegido por sombreamento horizontal, com valores distintos de AVS ou localizados em fachadas diferentes, deve-se considerar o percentual de elementos transparentes de menor valor.

Para  $A_{p,APP}$  maior que  $20,0 \text{ m}^2$ , deve-se respeitar o limite de  $A_{t,APP}$ , obtido pela multiplicação do  $P_{t,APP}$  pela área de  $20,0 \text{ m}^2$ .

Fonte: NBR 15575:2021

## 2.3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

O procedimento de simulação computacional avalia o desempenho térmico anual da envoltória da edificação em relação a esta envoltória com características de referência. Neste procedimento devem ser elaborados dois modelos:

- o modelo real, que conserva as características geométricas da UH, as propriedades térmicas e as composições dos elementos transparentes, paredes e cobertura;

O modelo real deve representar a edificação a ser analisada, conforme as suas características volumétricas, percentuais de elementos transparentes e de aberturas para ventilação, propriedades térmicas dos sistemas construtivos e presença de elementos de sombreamento externos fixos na fachada, quando existentes (por exemplo, brises, beirais e venezianas)

- o modelo de referência, que representa a edificação avaliada, mas com características de referência. Quando avaliado o desempenho térmico para o atendimento do nível mínimo, os modelos real e de referência devem ser simulados considerando somente o uso da ventilação natural nos APP.

O modelo de referência deve representar a edificação a ser analisada, adotando-se características de referência. Este modelo deve manter a volumetria do modelo real, alterando os percentuais de elementos transparentes e de aberturas para ventilação, bem como as propriedades térmicas dos sistemas construtivos, conforme descrito em No modelo de referência não são considerados os elementos de sombreamento externos fixos na fachada, como brises e venezianas, assim como não é considerada a presença de sacadas.

O entorno da edificação deve ser considerado, identicamente, no modelo real e no modelo de referência. Devem ser representadas, no modelo real e no modelo de referência, a sombra e a reflexão da radiação solar ocasionadas pelas principais superfícies do entorno, incluindo a influência do relevo, da pavimentação, de edificações e de corpos d'água.

Para a obtenção dos níveis intermediário e superior, os modelos real e de referência devem ser simulados em duas condições de utilização dos APP:

- 1) com o uso da ventilação natural; e
- 2) sem o uso da ventilação natural.

A partir da simulação 1, com o uso da ventilação natural, devem ser determinados:

- » o percentual de horas de ocupação dos APP dentro de uma faixa de temperatura operativa (PHFTAPP). A faixa de temperatura operativa considerada varia com o clima local, sendo possíveis três intervalos: de 18 °C a 26 °C, até 28 °C e até 30 °C.

**Tabela 21** - Intervalo de temperatura externa de bulbo seco

Intervalo de temperaturas externas	Média anual da temperatura externa de bulbo seco (TBS <sub>m</sub> ) °C	Faixa de temperatura operativa a ser considerada
Intervalo 1	TBS <sub>m</sub> < 25,0 °C	18,0 °C < ToAPP <sup>a</sup> < 26,0 °C
Intervalo 2	25,0 °C ≤ TBS <sub>m</sub> < 27,0 °C	ToAPP < 28,0 °C
Intervalo 3	TBS <sub>m</sub> ≥ 27,0 °C	ToAPP < 30,0 °C

Fonte: NBR 15575:2021

Para o atendimento ao critério de PHFTUH no nível mínimo (M), o modelo real de simulação computacional deve apresentar, ao longo de um ano e durante os períodos de ocupação dos APP, PHFTUH,real que seja superior a 90 % do obtido para o modelo de referência (PHFTUH, ref).

- » a temperatura operativa anual máxima (TomáxAPP) de cada APP, considerando apenas os períodos de ocupação do APP. Quando a edificação estiver localizada nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4 (ver ABNT NBR 15220-3), também deve ser determinada a temperatura operativa anual mínima (TomínAPP) de cada APP, considerando apenas os períodos de ocupação do APP

A partir dos valores de PHFTAPP, TomáxAPP e TomínAPP para cada APP, deve-se determinar o PHFTUH, TomáxUH e TomínUH da UH.

Este critério avalia as temperaturas operativas anuais máxima (TomáxUH) e mínima (TomínUH) da UH, que devem ser obtidas considerando-se os períodos de ocupação dos APP.

Para todos os níveis de desempenho (mínimo, intermediário ou superior), em todas as zonas bioclimáticas, a temperatura operativa anual máxima do modelo real deve ser menor ou igual à obtida para o modelo de referência, após somado um valor de tolerância

- » Deve-se considerar ΔTomáx igual a 2 °C para as UH unifamiliares e para as UH em edificações multifamiliares localizadas no pavimento de cobertura.
- » Para as UH em edificações multifamiliares localizadas nos pavimentos térreo ou tipo, deve-se adotar ΔTomáx igual a 1 °C.

A temperatura operativa anual mínima deve ser analisada nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4, onde a TomínUH do modelo real deve ser igual ou superior à TomínUH do modelo de referência, após reduzido um valor de tolerância (ΔTomín).

- » Deve-se adotar ΔTomín igual a 1 °C para todas as UH avaliadas.

A partir da simulação 2, sem o uso da ventilação natural, devem ser determinados:

- » o somatório anual dos valores horários da carga térmica de refrigeração (CgTRAPP), conforme o processo descrito em 11.4.7.5;
- » o somatório anual dos valores horários da carga térmica de aquecimento (CgTAAPP), conforme o processo descrito em 11.4.7.5.

A consideração da carga térmica de aquecimento somente é necessária quando avaliadas edificações localizadas em climas que se enquadrem no Intervalo 1 da Tabela 21, ou seja, que possuam média anual da temperatura externa de bulbo seco inferior a 25 °C.

Este critério avalia a carga térmica total da UH (CgTTUH) no modelo de simulação sem o uso da ventilação natural, nos períodos em que os APP do modelo com o uso de ventilação natural estiverem ocupados e com temperaturas operativas dentro dos limites determinados na Tabela 22.

**Tabela 22** - Valores de temperatura operativa para cálculos da carga térmica

Intervalo de temperaturas externas	Faixa de temperatura operativa para cálculo da CgTR <sub>APP</sub>	Faixa de temperatura operativa para cálculo da CgTA <sub>APP</sub>
Intervalo 1	$T_{OAPP} \geq 26,0 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{OAPP} \leq 18,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Intervalo 2	$T_{OAPP} \geq 28,0 \text{ }^\circ\text{C}$	Não considera
Intervalo 3	$T_{OAPP} \geq 30,0 \text{ }^\circ\text{C}$	Não considera

<sup>a</sup>  $T_{OAPP}$  é a temperatura operativa do APP considerada para o cálculo da CgTR<sub>APP</sub> e da CgTA<sub>APP</sub>

Fonte: NBR 15575:2021

## 2.4 ILUMINAÇÃO NATURAL

### 2.4.1 Requisitos

Durante o dia, as dependências da edificação habitacional devem receber iluminação natural conveniente, oriunda diretamente do exterior ou indiretamente, através de recintos adjacentes.

Para o período noturno, o sistema de iluminação artificial deve proporcionar condições internas satisfatórias para ocupação dos recintos e circulação nos ambientes com conforto e segurança.

### 2.4.2 Iluminação natural

Durante o dia, as dependências da edificação habitacional listadas na Tabela 4 devem receber iluminação natural conveniente, oriunda diretamente do exterior ou indiretamente, através de recintos adjacentes.

### 2.4.3 Simulação: níveis mínimos de iluminância natural

Contando unicamente com iluminação natural, os níveis gerais de iluminância nas diferentes dependências das construções habitacionais devem atender ao disposto na Tabela 23.

**Tabela 23** - Níveis mínimos de iluminação natural

Dependência	Iluminamento geral para níveis de desempenho <i>lux</i>		
	M <sup>a</sup>	I	S
Sala de estar, dormitório, copa/cozinha e área de serviço	≥ 60	≥ 90	≥ 120
Banheiro, corredor ou escada interna à unidade, corredor de uso comum (prédios), escadaria de uso comum (prédios), garagens/estacionamento.	Não requerido	≥ 30	≥ 45

Fonte: NBR 15575:2021

As simulações para o plano horizontal, em períodos da manhã (9:30 h) e da tarde (15:30 h), respectivamente, para os dias 23 de abril e 23 de outubro e sua avaliação devem ser realizadas com emprego do algoritmo apresentado na ABNT NBR 15215-3, atendendo às seguintes condições:

- » considerar a latitude e a longitude do local da obra, supor dias com nebulosidade média (índice de nuvens 50%);
- » supor desativada a iluminação artificial, sem a presença de obstruções opacas (janelas e cortinas abertas, portas internas abertas, sem roupas estendidas nos varais etc.);
- » simulações para o centro dos ambientes, na altura de 0,75 m acima do nível do piso;
- » para o caso de conjuntos habitacionais constituídos por casas ou sobrados, considerar todas as orientações típicas das diferentes unidades;
- » para o caso de conjuntos habitacionais constituídos por edifícios multipiso, considerar, além das orientações típicas, os diferentes pavimentos e as diferentes posições dos apartamentos nos andares;
- » em qualquer circunstância, considerar os eventuais sombreamentos resultantes de edificações vizinhas, taludes, muros e outros possíveis anteparos, desde que se conheçam o local e as condições de implantação da obra.

#### 2.4.4 Premissas de projeto

Os requisitos de iluminância natural podem ser atendidos mediante adequada disposição dos cômodos (arquitetura), correta orientação geográfica da edificação, dimensionamento e posição das aberturas, tipos de janelas e de envidraçamentos, rugosidade e cores dos elementos (paredes, tetos, pisos etc.), inserção de poços de ventilação e iluminação, eventual introdução de domo de iluminação etc.

A presença de taludes, muros, coberturas de garagens e outros obstáculos do gênero não podem prejudicar os níveis mínimos de iluminância especificados.

Nos conjuntos habitacionais integrados por edifícios, a implantação relativa dos prédios, de eventuais caixas de escada ou de outras construções, não pode prejudicar os níveis mínimos de iluminância especificados.



Fundada em 1973, A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA) é uma entidade independente, de abrangência nacional, sediada na cidade de São Paulo. Única na representação da atividade empresarial, que congrega empresas de arquitetura e fornecedoras de produtos e serviços, do setor da construção civil.

Tem como papel contribuir para a contínua evolução no campo da arquitetura, para a valorização da sua importância no desenvolvimento urbano e na melhoria qualitativa da construção civil do país. O estatuto prevê a existência de regionais, já sediadas no Rio Grande do Sul, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo, Ceará, Amazonas, Santa Catarina, Minas Gerais, Goiás e Pernambuco que obedecem a um estatuto social único, mantendo, no entanto, autonomies financeira e operacional.

Em Santa Catarina, a regional da AsBEA foi fundada em 2006 com adesão de oito escritórios, com a missão de buscar o fortalecimento da atividade empresarial profissional no estado, o reconhecimento, a regulamentação e o relacionamento comercial dos arquitetos com a indústria, com o dever de zelar pela qualidade do exercício da arquitetura e do urbanismo e realizar um trabalho com seriedade e ética.

O foco da AsBEA-SC volta-se, principalmente, para assuntos relacionados à arquitetura e ao urbanismo, mas também de outros que se conectam indiretamente a profissão, que contribuam para a formação. A troca de conhecimentos, experiências e vivências são sempre temas em voga, trazendo novas ideias e inspirações, mantendo a conexão com a realidade do momento e com as soluções importantes que têm sido discutidas na profissão.

A AsBEA/SC é uma rede de relacionamento onde os arquitetos, juntos, fazem a diferença!

## Cartilha Capacitação Arquitetos e Urbanistas

# NORMA DE DESEMPENHO

### CONTEÚDO

**Douglas Zimmermann Melo**  
Engenheiro Civil

### CONCEPÇÃO GRÁFICA

**Eduardo Faria**  
*Officio*

### EDIÇÃO

**Letícia Wilson**  
*Santa Editora*

---

Publicação produzida como apoio de conteúdo do projeto Capacitação e Aperfeiçoamento do Profissional Arquiteto e Urbanista idealizado pela Comissão de Organização, Administração e Finanças (COAF) do Conselho de Arquitetura e Urbanismo de Santa Catarina (CAU-SC) conforme Chamamento Público n 01/2023 para seleção de Organizações da Sociedade Civil (OCSs) parceiras para a execução do projeto, do qual a AsBEA-SC foi contemplada.

---

Distribuição gratuita. Venda e reprodução proibidas.  
Copyright 2023 CAU/SC  
Todos os direitos reservados.



**secretaria@asbeasc.org.br**  
**www.asbeasc.org.br**

### DIRETORIA GESTÃO 23/24

**PRESIDENTE**  
**Ronaldo Matos Martins - AT09 Arquitetura**

**VICE-PRESIDENTE ADMINISTRATIVO FINANCEIRO**  
**Patrícia Moschen**  
*MM Arquitetura Conectada*  
**Luana Cristina de Bortoli D'Agostini (suplente)**  
*Vivaplan Arquitetura*

**VICE-PRESIDENTE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS**  
**Douglas Goulart Virgilio**  
*Ocabrasil Arquitetura e Construção*  
**Ricardo Martins da Fonseca (suplente)**  
*PSF Arquitetura*

**VICE-PRESIDENTE EVENTOS**  
**Andrea Hermes Silva**  
*AT Arquitetura*  
**Roberta Ghizoni (suplente)**  
*MOS Arquitetos Associados*

**VICE-PRESIDENTE COMUNICAÇÃO**  
**Maria Aparecida Cury Figueiredo**  
*Cury Figueiredo Arquitetura e Execução de Obras*  
**Marina Makowiecky (suplente)**  
*Allume Arquitetura de Iluminação*

**DIRETORIA DE INOVAÇÃO**  
**Maria Andrea Triana Montes**  
*DUX Arquitetura e Engenharia Bioclimática*  
**Ana Carolina Melo da Silva (suplente)**  
*ELO Arquitetos*

**CONSELHO DELIBERATIVO**  
**Henrique Pimont**  
*Pimont Arquitetura*  
**Luiz Eduardo de Andrade**  
*Arquidois Arquitetura e Interiores*  
**André Lima de Oliveira**  
*Studio Methafora*

**CONSELHO FISCAL**  
**José Angelo Casagrande Mincache**  
*Bittencourt & Mincache Arquitetura*  
**Allan George Soares Cherighini**  
*Progetta Studio de Arquitetura e Interiores*  
**Eliane Castro**  
*Queiroz e Castro Arquitetura*



**CAU/SC**

Conselho de Arquitetura  
e Urbanismo de Santa Catarina

**AS  
BEA**

**SC** ASSOCIAÇÃO  
BRASILEIRA DOS  
ESCRITÓRIOS DE  
ARQUITETURA

