

## 5 Incumbências dos intervenientes

### 5.1 Usuários e fornecedores

**5.2** Os usuários, contratantes, quer sejam agentes públicos financiadores ou promotores da habitação, e incorporadores têm a incumbência de estabelecer, em cada caso, o nível de desempenho pretendido, desde que acima do nível mínimo (M).

### 5.3 Fornecedores

**5.3.1** Os fornecedores dos SC devem informar o seu nível de desempenho, quando diferente do mínimo (M), bem como as ações preventivas para condições ambientais agressivas, consultando os requisitos da ABNT NBR 15575-1: 2013, seção 15.

**5.3.2** Para inspeções prediais periódicas, atender à ABNT NBR 5674. Para examinar a correta utilização e a efetiva implementação dos programas de manutenção por parte dos proprietários ou usuários da edificação habitacional, conforme o manual de uso, operação e manutenção, dentro dos prazos de garantia, atender à ABNT NBR 14037.

NOTA A título informativo, os prazos de garantia são indicados na ABNT NBR 15575-1:2013, Anexo D.

### 5.4 Contratantes, construtores e incorporadores

Os contratantes, construtores e incorporadores devem requerer que conste nos projetos a vida útil de projeto.

## 6 Avaliação de desempenho

Ver ABNT NBR 15575-1.

## 7 Desempenho estrutural

### 7.1 Requisito – Resistência e deformabilidade

Apresentar um nível satisfatório de segurança contra a ruína e não apresentar avarias ou deformações e deslocamentos que prejudiquem a funcionalidade do SC ou dos sistemas contíguos, considerando-se as combinações de ações passíveis de ocorrerem durante a vida útil de projeto da edificação habitacional.

#### 7.1.1 Critério – Comportamento estático

O SC da edificação habitacional deve ser projetado, construído e montado de forma a atender aos requisitos da ABNT NBR 15575-2: 2013, 7.2.1 e 7.3.1

##### 7.1.1.1 Método de avaliação

Conforme ABNT NBR 15575-2: 2013, 7.2.2.1 e 7.3.2.1.

##### 7.1.1.2 Premissas de projeto

O projeto deve:

- a) considerar o disposto na ABNT NBR 15575-2:2013, 7.2.3;
- b) especificar os insumos, os componentes e os planos de montagem.

## ABNT NBR 15575-5:2021

### 7.1.1.3 Níveis de desempenho

O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), ou seja, atende às premissas de projeto.

### 7.1.2 Critério – Risco de arrancamento de componentes do SC sob ação do vento

Sob ação do vento calculada conforme ABNT NBR 6123 não pode ocorrer remoção ou danos de componentes do SC sujeitos a esforços de sucção.

#### 7.1.2.1 Método de avaliação

Análise das premissas de projeto do sistema de cobertura, verificação e validação dos cálculos estruturais. O projeto do SC deve considerar os efeitos de sucção, cabendo ao projetista definir a necessidade da execução de ensaio, conforme ABNT NBR 5643 ou Anexo L, adotando-se adaptações necessárias para cada SC.

O Anexo J descreve um exemplo de roteiro de cálculo dos esforços atuantes do vento em coberturas.

No caso de impermeabilização com mantas ou membranas totalmente aderidas ao substrato, expostas às intempéries, sem proteção mecânica, o sistema, aplicado de acordo com a ABNT NBR 9574, sobre base representativa, deve ter resistência de aderência à tração maior ou igual a 200 kPa, quando ensaiados segundo a ABNT NBR 13528 e o arrancamento efetuado de uma seção cortada com remoção prévia de acabamentos, como no caso das mantas aluminizadas ou ardosiadas.

#### 7.1.2.2 Premissas de projeto

O projeto deve estabelecer:

- a) as considerações sobre a ação do vento, principalmente nas zonas de sucção;
- b) detalhes de fixação;
- c) influência positiva ou não das platibandas;
- d) no caso de emprego de lastro sobre o sistema de impermeabilização, a resistência de aderência ou o próprio peso deve ser suficiente para não ser removido pela ação das intempéries.

#### 7.1.2.3 Nível de desempenho

O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), ou seja, além de atender às premissas de projeto, atende aos esforços do vento calculados segundo a ABNT NBR 6123. O SC resiste à ação do vento quando ensaiado segundo o método de ensaio da ABNT NBR 5643 ou conforme Anexo L ou, se for o caso, da ABNT NBR 13528.

## 7.2 Requisito – Solicitações de montagem ou manutenção

Suportar cargas transmitidas por pessoas e objetos nas fases de montagem ou de manutenção.

### 7.2.1 Critério – Cargas concentradas

As estruturas principal e secundária, quer sejam reticuladas ou treliçadas, devem suportar a ação de carga vertical concentrada de 1 kN, aplicada na seção mais desfavorável, sem que ocorram falhas ou sem que sejam superados os seguintes limites de deslocamento (dv) em função do vão (L):

— barras de treliças:  $dv \leq L/350$ ;

- vigas principais e terças:  $dv \leq L/300$ ;
- vigas secundárias:  $dv \leq L/180$ .

### 7.2.1.1 Métodos de avaliação

Os deslocamentos sob ação das cargas concentradas podem ser determinados por meio do cálculo estrutural, quando as propriedades dos materiais ou componentes do telhado forem conhecidas ou quando se dispuser de modelos de cálculo, ou por meio da realização de ensaios, conforme detalhado em 7.2.1.1.1. e 7.2.1.1.2.

#### 7.2.1.1.1 Cálculo estrutural

O cálculo dos deslocamentos e da resistência deve ser elaborado com base nas propriedades dos materiais e nas ABNT NBR 6118, ABNT NBR 7190, ABNT NBR 8800, ABNT NBR 9062 e ABNT NBR 14762.

#### 7.2.1.1.2 Ensaios

Realização de ensaio de tipo, em campo ou em laboratório, nas estruturas principais ou secundárias, incluindo-se todas as ligações, vinculações e acessórios.

#### 7.2.1.2 Premissas de projeto

Os projetos devem:

- a) indicar a vida útil de projeto, adotando-se prazos não inferiores aos indicados na ABNT NBR 15575-1;
- b) incluir memória de cálculo;
- c) relacionar as Normas Brasileiras, estrangeiras ou internacionais adotadas.

#### 7.2.1.3 Nível de desempenho

O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), ou seja, atende às premissas de projeto.

### 7.2.2 Critério – Cargas concentradas em sistemas de cobertura acessíveis aos usuários

Os SC acessíveis aos usuários devem suportar a ação simultânea de três cargas, de 1 kN cada uma, com pontos de aplicação constituindo um triângulo equilátero com 45 cm de lado, sem que ocorram rupturas ou deslocamentos.

#### 7.2.2.1 Método de avaliação

As rupturas ou deslocamentos sob ação das cargas concentradas podem ser determinados por meio do cálculo estrutural, quando as propriedades dos materiais ou componentes do telhado forem conhecidos ou quando se dispuser de modelos de cálculo ou por meio da realização de ensaios, conforme detalhado em 7.2.2.1.1 e 7.2.2.1.2.

#### 7.2.2.1.1 Cálculo estrutural

O cálculo dos deslocamentos e da resistência deve ser elaborado com base nas propriedades dos materiais.

## ABNT NBR 15575-5:2021

### 7.2.2.1.2 Ensaios

Realização de ensaio conforme Anexo A, em campo ou em laboratório, nas estruturas principais ou secundárias, incluindo-se todas as ligações, vinculações e acessórios.

### 7.2.2.2 Premissas de projeto

O projeto deve especificar em detalhes os locais acessíveis (ver requisitos da Seção 16 da ABNT NBR 15575-1: 2013, Seção 16).

### 7.2.2.3 Nível de desempenho

O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), ou seja, atende às premissas de projeto, além de não ocorrer rupturas ou deslocamentos superiores aos seguintes limites:

- cobertura com revestimento rígido:  $dv < L/500$ ;
- cobertura com revestimento flexível:  $dv < L/300$ .

## 7.3 Requisito – Solicitações dinâmicas em sistemas de coberturas e em coberturas-terraço acessíveis aos usuários

Possibilitar o uso dos sistemas de cobertura de acordo com o previsto em projeto sem ocasionar danos à edificação ou aos usuários.

NOTA A resistência aos impactos de corpos mole e duro corresponde aos choques acidentais gerados pela própria utilização durante a vida útil do SC da edificação habitacional e se traduz na energia de impacto a ser aplicada nas coberturas-terraço. Os impactos com maiores energias referem-se ao estado-limite último, sendo os estados-limites de serviço aqueles correspondentes às menores energias.

### 7.3.1 Critério – Impacto de corpo mole em sistemas de coberturas-terraço acessíveis aos usuários

Os SC devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender aos requisitos da ABNT NBR 15575-2: 2013, Tabela 5.

#### 7.3.1.1 Método de avaliação

Conforme ABNT NBR 15575-2: 2013, 7.4.1.1.

#### 7.3.1.2 Premissas de projeto

O projeto deve estabelecer o tipo de utilização prevista para o SC.

#### 7.3.1.3 Nível de desempenho

O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), atendendo ao estabelecido em 7.3.1.

### 7.3.2 Critério – Impacto de corpo duro em sistemas de cobertura acessíveis aos usuários

Os SC devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender aos itens definidos na ABNT NBR 15575-2: 2013, 7.3.2 e Tabela 8.

#### 7.3.2.1 Método de avaliação

Conforme ABNT NBR 15575-2: 2013, 7.4.2.1.

### 7.3.2.2 Premissas de projeto

O projeto deve estabelecer o tipo de utilização prevista para o SC.

### 7.3.2.3 Nível de desempenho

O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), atendendo ao estabelecido em 7.3.2.

## 7.4 Requisito – Solicitações em forros

Possibilitar a fixação de luminárias e outras cargas de ocupação.

### 7.4.1 Critério – Peças fixadas em forros

Os forros devem suportar a ação da carga vertical correspondente ao objeto que se pretende fixar, adotando-se coeficiente de majoração no mínimo igual a 3,0. Para carga de serviço limita-se a ocorrência de falhas e o deslocamento a  $L/600$ , com valor máximo admissível de 5 mm, onde L é o vão do forro. A carga mínima de uso é de 30 N.

O fabricante deve informar as condições necessárias para fixação das peças nos forros, diretamente ou em estrutura auxiliar. Estas informações devem constar no manual de uso, operação e manutenção da edificação.

### 7.4.2 Método de avaliação

Realização de ensaio, em laboratório ou em campo, de acordo com o Anexo B e verificação da carga máxima conforme manual de uso, operação e manutenção.

### 7.4.3 Premissas de projeto

O projeto do forro deve indicar a carga máxima a ser suportada pelo elemento ou componente forro, bem como as disposições construtivas e sistemas de fixação dos elementos ou componentes atendendo às Normas Brasileiras (ver, por exemplo, a ABNT NBR15758-2).

O construtor/incorporador deve informar a carga máxima de projeto no manual de uso, operação e manutenção.

### 7.4.4 Nível de desempenho

O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), ou seja, atende às premissas de projeto.

## 7.5 Requisito – Ação do granizo e outras cargas acidentais em telhados

Não sofrer avarias sob a ação de granizo e de outras pequenas cargas acidentais, desde que os valores de impacto nas telhas não ultrapassem os critérios descritos em 7.5.1.

### 7.5.1 Critério – Resistência ao impacto

Sob a ação de impactos de corpo duro, o telhado não pode sofrer ruptura ou traspasse em face da aplicação de impacto com energia igual a 1,0 J.

É tolerada a ocorrência de falhas superficiais, como fissuras, lascamentos e outros danos, que não impliquem a perda de estanqueidade do telhado.

## **ABNT NBR 15575-5:2021**

### **7.5.2 Método de avaliação**

Realização de ensaio em laboratório ou em campo, de acordo com o Anexo C.

### **7.5.3 Premissas de projeto**

O projeto deve mencionar a adequação do telhado sob ação do granizo.

### **7.5.4 Nível de desempenho**

O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), ou seja, atende às premissas de projeto e ao critério de 7.5.1 em ensaios conforme Anexo C. O Anexo I contém recomendações relativas a outros níveis de desempenho (ver I.2.1).

## **8 Segurança contra incêndio**

### **8.1 Generalidades**

Além dos requisitos e critérios listados a seguir, devem ser atendidos todos os requisitos pertinentes constantes na ABNT NBR 15575-1.

Considerando-se que diversos componentes e instalações podem ser alojados nos entreforros e áticos, especial atenção deve ser dada aos requisitos relativos à proteção contra descargas atmosféricas, instalações elétricas e instalações de gás, em atendimento ao estabelecido na ABNT NBR 15575-1: 2013, 8.2.1.1, 8.2.1.2 e 8.2.1.3.

### **8.2 Requisito – Reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento**

Dificultar a propagação de chamas no ambiente de origem do incêndio e não criar impedimento visual que dificulte a fuga dos ocupantes em situações de incêndio.

#### **8.2.1 Critério – Avaliação da reação ao fogo da face interna do sistema de cobertura das edificações**

A superfície inferior das coberturas e subcoberturas, ambas as superfícies de forros, ambas as superfícies de materiais isolantes térmicos e absorventes acústicos e outros incorporados ao sistema de cobertura do lado interno da edificação devem classificar-se como I, II A ou III A, de acordo com a Tabela 1 ou Tabela 2, conforme o método de avaliação previsto. No caso de cozinhas, a classificação deve ser I ou II A.

## **Anexo A** (normativo)

### **Determinação da resistência às cargas concentradas em sistemas de coberturas acessíveis aos usuários – Método de ensaio**

#### **A.1 Princípio**

Este Anexo especifica um método de ensaio que consiste em submeter um trecho representativo do SC a cargas concentradas passíveis de ocorrerem durante a utilização de coberturas com possibilidade de acesso a pessoas.

#### **A.2 Aparelhagem**

Três discos rígidos de aço com diâmetro aproximado de 25 mm (1") cada um.

#### **A.3 Preparação e preservação das amostras para ensaios e dos corpos de prova**

O corpo de prova deve ser representativo do SC, incluindo todos seus componentes e a forma de aplicação da carga, conforme desenho fornecido.

#### **A.4 Procedimento**

Aplicar a carga através dos discos.

Medir as deformações.

#### **A.5 Expressão dos resultados**

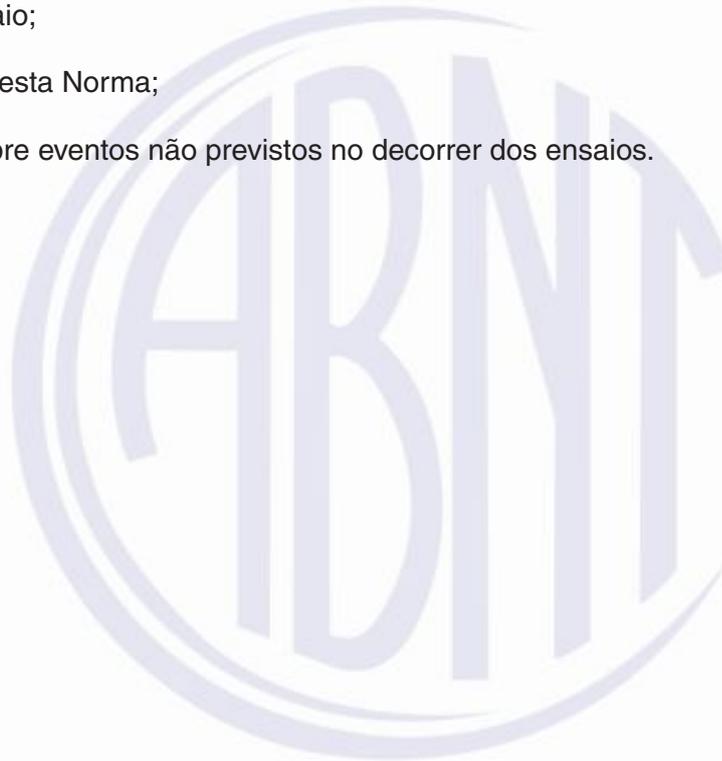
Gráfico de deslocamento  $\times$  carga.

#### **A.6 Relatório de ensaio**

O relatório de ensaio deve conter no mínimo as seguintes informações:

- a) identificação do solicitante;
- b) identificação do fornecedor;
- c) identificação da amostra e de todos os corpos de prova;
- d) desenho do ensaio de tipo;

- e) data do recebimento da amostra;
- f) carga de ocorrência de falhas e o tipo de falha ocorrida;
- g) carga de ruptura ou de falência do subsistema;
- h) deslocamentos verticais;
- i) relação entre os deslocamentos e os vãos;
- j) nível de desempenho;
- k) data do ensaio;
- l) referência a esta Norma;
- m) registros sobre eventos não previstos no decorrer dos ensaios.



## **Anexo B** (normativo)

### **Determinação da resistência de peças fixadas em forro – Método de ensaio**

#### **B.1 Princípio**

Este Anexo especifica um método de ensaio que consiste em submeter um trecho representativo do forro a uma carga concentrada que simule a instalação de uma luminária, alto-falante ou qualquer outro aparelho suspenso ou fixado no forro.

#### **B.2 Aparelhagem**

Os acessórios de fixação devem ser exatamente iguais àqueles com que serão instalados no forro, bem como os dispositivos efetivos, como as bandejas com tara predeterminada, acopladas aos referidos acessórios para sustentação da carga.

Os contrapesos com massas apropriadas devem simular os incrementos de carga, de forma a atender ao disposto em B.4.

Para leitura dos deslocamentos verticais, adotar relógio comparador com resolução mínima de décimo de milímetro.

#### **B.3 Preparação e preservação das amostras para ensaios e dos corpos de prova**

O corpo de prova deve ser representativo do SC, incluindo todos os seus componentes e a forma de aplicação da carga, conforme desenho fornecido.

#### **B.4 Procedimento**

Aplicar a carga em incrementos correspondentes a 1/6 da carga de ruptura informada, mantendo-se a carga, em cada incremento, durante 10 min.

No final de cada estágio de carga, registrar o deslocamento vertical resultante da aplicação da carga.

#### **B.5 Expressão dos resultados**

Devem ser registradas as cargas aplicadas e, para cada parcela da carga aplicada (1/6, 1/3, e outras), o tempo de atuação da carga e os respectivos registros de eventuais rupturas ou destacamentos de acessórios de fixação, quedas da bandeja ou de contrapesos, ruptura ou fissura do forro, e outras ocorrências.

## B.6 Relatório de ensaio

O relatório de ensaio deve conter no mínimo as seguintes informações:

- a) identificação do solicitante;
- b) identificação do fornecedor;
- c) identificação da amostra e de todos os corpos de prova;
- d) desenho do ensaio de tipo;
- e) data do recebimento da amostra;
- f) carga de ocorrência de falhas e o tipo de falha ocorrida;
- g) carga de ruptura ou de falência do sistema de fixação;
- h) deslocamentos verticais;
- i) nível de desempenho;
- j) data do ensaio;
- k) referência a esta Norma;
- l) registros sobre eventos não previstos no decorrer dos ensaios.

## Anexo C (normativo)

### Verificação da resistência ao impacto em telhados – Método de ensaio

#### C.1 Princípio

Este Anexo especifica um método de ensaio que consiste em submeter um trecho representativo do telhado a impactos de corpo duro, simulando a ação de granizo, pedras e outros.

#### C.2 Aparelhagem

Esfera de aço maciça, com massa de  $(65,6 \pm 2)$  g, e suporte para repouso da esfera, de forma que ela possa ser liberada em queda livre a partir das alturas indicadas em C.4.

#### C.3 Preparação e preservação das amostras para ensaios e dos corpos de prova

O corpo de prova deve ser representativo do SC, incluindo todos os seus componentes e a forma de aplicação do impacto, conforme desenho fornecido.

O corpo de prova deve incluir todos os detalhes típicos do sistema de cobertura, como declividade, subsistema de apoios das telhas.

O tamanho mínimo do corpo de prova é de  $1 \text{ m}^2$ , ou o maior vão entre apoios e o maior balanço permitido no manual de instalação.

#### C.4 Procedimento

Aplicar um impacto na posição mais desfavorável na telha.

Aplicar a carga de impacto por meio da esfera de aço maciça (diâmetro de 25,4 mm) liberada em queda livre.

As condições de ensaio relativas à massa do corpo duro (m), altura de queda (h) e energia de impacto (E) estão indicadas na Tabela C.1.

**Tabela C.1 – Massa do corpo duro, altura e energia de impacto**

Percussor de impacto	m g	H m	E J
Corpo duro (esfera de aço maciça)	65,6	1,50	1,0
		2,30	1,5
		3,80	2,5

## C.5 Expressão dos resultados

Para cada energia de impacto especificada (1,0 J, 1,5 J e 2,5 J), registrar a eventual ocorrência de fissuras, lascamentos, desagregações, traspassamento ou outras avarias.

## C.6 Relatório de ensaio

O relatório de ensaio deve conter no mínimo as seguintes informações:

- a) identificação do solicitante;
- b) identificação do fornecedor;
- c) identificação da amostra e de todos os corpos de prova;
- d) desenho do ensaio de tipo;
- e) energia de impacto, em joules;
- f) nível de desempenho;
- g) data do recebimento da amostra;
- h) data do ensaio;
- i) referência a esta Norma;
- j) registros sobre eventos não previstos no decorrer dos ensaios.

## Anexo I (informativo)

### Níveis de desempenho

#### I.1 Generalidades

**I.1.1** Considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, com uma análise de valor da relação custo/benefício dos sistemas, neste Anexo são indicados os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S), e repetido o nível M para facilitar a comparação.0

**I.1.2** Recomenda-se que o construtor ou incorporador informe o nível de desempenho dos sistemas que compõem a edificação habitacional, quando exceder o nível mínimo (M).

#### I.2 Requisito – Ação do granizo e outras cargas acidentais em telhados – Critério – Resistência ao impacto

É recomendável que, sob a ação de impactos de corpo duro, o telhado não sofra ruptura ou traspassamento, em face das energias especificadas na Tabela I.1 para os níveis intermediário (I) e superior (S). O nível mínimo (M) é obrigatório (ver 7.5.1). Fissuras, lascamentos e outros danos que não impliquem a perda de estanqueidade do telhado podem ocorrer.

**Tabela I.1 – Critérios para resistência ao impacto**

Energia de impacto de corpo duro J	Critério de desempenho	Nível de desempenho
1,0	Não ocorrência de ruptura nem traspassamento São permitidas falhas superficiais	M
1,5		I
2,5		S

#### I.3 Requisito – Condições de salubridade no ambiente habitável

##### I.3.1 Critério – Impermeabilidade

É recomendável que o SC apresente o desempenho conforme Tabela I.2, para os níveis intermediário (I) e superior (S). O nível mínimo é de atendimento obrigatório (ver 10.1.1).

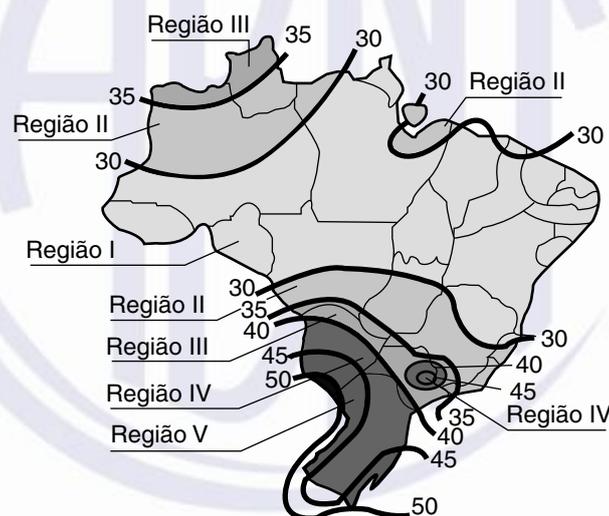
## Anexo J (informativo)

### Roteiro de cálculo dos esforços atuantes do vento em coberturas

O cálculo dos esforços atuantes do vento em uma determinada cobertura deve ser desenvolvido considerando as condições de exposição ao vento, incluindo as velocidades básicas máximas de vento no Brasil, o tipo e local da edificação.

Defini-se velocidade básica de vento ( $V_0$ ) como a máxima velocidade média medida sobre 3 segundos, que pode ser excedida em média uma vez em 50 anos, a 10m sobre o nível do terreno em lugar aberto e plano.

Na Figura J.1 são apresentadas as velocidades básicas máximas de vento ( $V_0$ ) nas cinco regiões brasileiras: Região I ( $V_0 = 30\text{m/s}$ ); Região II ( $V_0 = 35\text{m/s}$ ); Região III ( $V_0 = 40\text{m/s}$ ); Região IV ( $V_0 = 45\text{m/s}$ ) e Região V ( $V_0 = 50\text{m/s}$ ).



**Figura J.1 – Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento, “ $V_0$ ”, em metros por segundo, no Brasil (ABNT NBR 6123)**

Conhecida a velocidade básica do vento, as dimensões de uma edificação, a topografia da região do país onde ela estará construída e utilizando a ABNT NBR6123, é possível calcular os esforços atuantes do vento na cobertura, através do roteiro de cálculo apresentado a seguir:

a) Velocidade característica ( $V_k$ )

$$V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$$

onde

$V_k$  é a velocidade característica do vento expressa em metros por segundo;

$V_0$  é a velocidade básica do vento expressa em metros por segundo, segundo gráfico de isopletas da Figura J.1;

$S_1$  é a fator que considera a topografia do terreno (adimensional). A Tabela J.1 apresenta os possíveis valores de  $S_1$ .

## ABNT NBR 15575-5:2021

Para os casos mais comuns de cobertura deve-se adotar  $S_1 = 1,0$ , quando não há aceleração da velocidade do vento por efeito de afunilamento e outros.

Fator  $S_1$

**Tabela J.1 – Valores possíveis de  $S_1$**

Topografia	$S_1$
Vales profundos, protegidos de todos os ventos	0,9
Encostas e cristas de morro em que ocorre aceleração do vento	1,1
Vales com efeitos de afunilamento	
Todos os casos, exceto os acima citados	1,0

$S_2$  Fator que considera a rugosidade onde a edificação está construída, suas dimensões e altura acima do terreno (adimensional). A Tabela J.2 apresenta a variação do fator  $S_2$  pela altura da edificação e pelo tipo do terreno (para o caso de telhado ou do elemento de telha).

**Tabela J.2 – Variação do fator  $S_2$  (continua)**

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,24	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,20	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,31	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,32	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,34	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300	–	–	–	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350	–	–	–	–	–	–	1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,34	1,32	1,32	1,29	1,29	1,29
420	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,35	1,35	1,33	1,30	1,30	1,30

**Tabela J.2** (conclusão)

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,32	1,32	1,32
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,34

Onde:

- z – altura em relação ao solo
- Categoria I: Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5 km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente. Exemplos:
  - mar calmo;
  - lagos e rios;
  - pântanos sem vegetação.
- Categoria II: Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, como árvores e edificações baixas. Exemplos:
  - zonas costeiras planas;
  - pântanos com vegetação rala;
  - campos de aviação;
  - pradarias e charnecas;
  - fazendas sem sebes ou muros.
  - a cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1,0 m.
- Categoria III: Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. Exemplos:
  - granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos;
  - fazendas com sebes e/ou muros;
  - subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.

A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3,0 m.

- Categoria IV: Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos:
  - zonas de parques e bosques com muitas árvores;

**ABNT NBR 15575-5:2021**

- cidades pequenas e seus arredores;
- subúrbios densamente construídos de grandes cidades;
- áreas industriais plenas ou parcialmente desenvolvidas.

A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10 m.

Esta categoria também inclui zonas com obstáculos maiores e que ainda não possam ser consideradas na categoria V.

- Categoria V: Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados. Exemplos:
  - florestas com árvores altas, de copas isoladas;
  - centros de grandes cidades;
  - complexos industriais bem desenvolvidos.

A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual ou superior a 25 m.

- Classe A: Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação, Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.
- Classe B: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.
- Classe C: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.
- Para toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 80 m, o intervalo de tempo correspondente poderá ser determinado de acordo com as indicações do Anexo A

$S_3$  – fator estatístico que se baseia em conceitos estatísticos e considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação. A Tabela J.3 apresenta os possíveis valores de  $S_3$ .

O fator  $S_3 = 0,88$  se aplica a coberturas e representa uma probabilidade de 90 % da velocidade básica a ser excedida ou igualada para um período de recorrência de 50 anos.

Fator  $S_3$

**Tabela J.3 – Valores possíveis de  $S_3$**

Descrição	$S_3$
Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou a possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros, centrais de comunicação etc.)	1,10
Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83

## b) Pressão dinâmica

Estabelecido o valor da velocidade básica e dos coeficientes  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ , calcula-se a pressão dinâmica pela altura da edificação acima do terreno, pela equação:

$$q \text{ (Pa)} = V k^2 \text{ (m/s)} / 1,6$$

Com os valores da pressão dinâmica é possível calcular a sucção e a sobrepressão que ocorrerão no telhado, a partir dos coeficientes de pressão conforme detalhado a seguir.

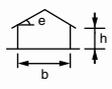
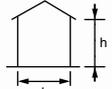
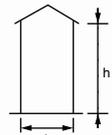
c) Coeficiente de pressão e de forma externas ( $C_e/C_{pe}$ )

Este coeficiente é dado em função da altura da edificação, do ângulo de incidência do vento e da posição do telhado.

A ABNT NBR 6123 fornece quatro tabelas de coeficiente para os casos de telhados com duas águas, telhados com uma água, telhados simétricos e telhados múltiplos com traves iguais.

Para exemplificar, as Tabelas J.4 e J.5 apresentam tais valores de coeficiente, retirados na ABNT NBR 6123 para os casos de telhados com uma e duas águas.

Tabela J.4 – Coeficientes para telhados com duas águas

Altura Relativa	$\theta$	$C_e$				$C_{pe}$ médio			
		$a = 90^\circ$		$a = 0^\circ$					
		EF	GH	EG	FH				
$\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$ 	0°	-0,8	-0,4	-0,8	-0,4	-2,0	-2,0	-2,0	-
	5°	-0,9	-0,4	-0,8	-0,4	-1,4	-1,2	-1,2	-1,0
	10°	-1,2	-0,4	-0,8	-0,6	-1,4	-1,4	-	-1,2
	20°	-0,4	-0,4	-0,7	-0,6	-1,0	-	-	-1,2
	30°	0	-0,4	-0,7	-0,6	-0,8	-	-	-1,1
	45°	+0,3	-0,5	-0,7	-0,6	-	-	-	-1,1
	60°	+0,7	-0,6	-0,7	-0,6	-	-	-	-1,1
$\frac{1}{2} < \frac{h}{b} \leq \frac{3}{2}$ 	0°	-0,8	-0,6	-1,0	-0,6	-2,0	-2,0	-2,0	-
	5°	-0,9	-0,6	-0,9	-0,6	-2,0	-2,0	-1,5	-1,0
	10°	-1,1	-0,6	-0,8	-0,6	-2,0	-2,0	-1,5	-1,2
	20°	-0,7	-0,5	-0,8	-0,6	-1,5	-1,5	-1,5	-1,0
	30°	-0,2	-0,5	-0,8	-0,8	-1,0	-	-	-1,0
	45°	+0,2	-0,5	-0,8	-0,8	-	-	-	-
	60°	+0,6	-0,5	-0,8	-0,8	-	-	-	-
$\frac{3}{2} < \frac{h}{b} < B$ 	0°	-0,7	-0,6	-0,9	-0,7	-2,0	-2,0	-2,0	-
	5°	-0,7	-0,6	-0,8	-0,8	-2,0	-2,0	-1,5	-1,0
	10°	-0,7	-0,6	-0,8	-0,8	-2,0	-2,0	-1,5	-1,2
	20°	-0,8	-0,5	-0,8	-0,8	-1,5	-1,5	-1,5	-1,2
	30°	-1,0	-0,5	-0,8	-0,7	-1,5	-	-	-
	40°	-0,2	-0,5	-0,8	-0,7	-1,0	-	-	-
	50°	+0,2	-0,6	-0,8	-0,7	-	-	-	-
	60°	+0,5	-0,5	-0,8	-0,7	-	-	-	-

NOTA 1 O coeficiente de forma  $C_e$  na face inferior do beiral é igual ao da parede correspondente.

NOTA 2 Nas zonas em torno de partes de edificações salientes (chaminés, reservatórios, etc.) ao telhado deve ser considerado um coeficiente de forma de  $C_e = -1,2$ , até uma distância igual à metade da dimensão da diagonal da saliência vista em planta.

NOTA 3 Na cobertura de lanternins,  $C_{pe}$  médio = -2,0.

ABNT NBR 15575-5:2021

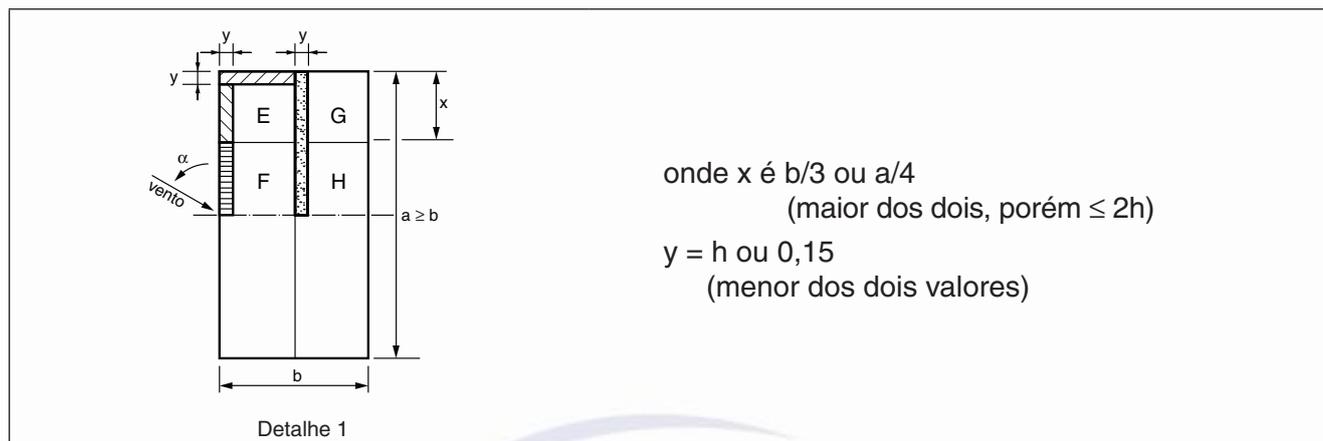
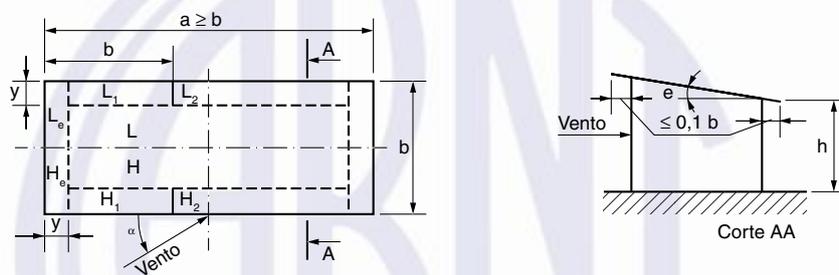


Tabela J.5 – Coeficientes para telhados com uma água



$y = h$  ou  $0,15 b$  (tomar o menor dos dois valores).  
As superfícies H e L referem-se a todo o quadrante.

$\theta$	Valores de $C_e$ para o ângulo de incidência do vento:									
	90° (C)		45°		0°		-45°		-90°	
	H	L	H	L	H e L (A)	H e L (A)	H	L	H	L
5°	-1,0	-0,5	-1,0	-0,9	-1,0	-0,5	-0,9	-1,0	-0,5	-1,0
10°	-1,0	-0,5	-1,0	-0,8	-1,0	-0,5	-0,8	-1,0	-0,4	-1,0
15°	-0,9	-0,5	-1,0	-0,7	-1,0	-0,5	-0,6	-1,0	-0,3	-1,0
20°	-0,8	-0,5	-1,0	-0,6	-0,9	-0,5	-0,5	-1,0	-0,2	-1,0
25°	-0,7	-0,5	-1,0	-0,6	-0,8	-0,5	-0,3	-0,9	-0,1	-0,9
30°	-0,5	-0,5	-1,0	-0,6	-0,8	-0,5	-0,1	-0,6	0	-0,6

$\theta$	$C_{pe}$ médio					
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	H <sub>E</sub>	L <sub>E</sub>
5°	-2,0	-1,5	-2,0	-1,5	-2,0	-2,0
10°	-2,0	-1,5	-2,0	-1,5	-2,0	-2,0
15°	-1,8	-0,9	-1,8	-1,4	-2,0	-2,0
20°	-1,8	-0,8	-1,8	-1,4	-2,0	-2,0

$\theta$	$C_{pe}$ médio					
	$H_1$	$H_2$	$L_1$	$L_2$	$H_e$	$L_e$
25°	- 1,8	- 0,7	- 0,9	- 0,9	- 2,0	- 2,0
30°	- 1,8	- 0,5	- 0,5	- 0,5	- 2,0	- 2,0

(A) Até uma profundidade igual a  $b/2$ .  
 (B) De  $b/2$  até  $a/2$   
 (c) Considerar valores simétricos do outro lado do eixo de simetria paralelo ao vento.

NOTA para vento a  $0^\circ$ , nas partes I e J, que se referem aos respectivos quadrantes, o coeficiente de forma  $C_e$  tem os seguintes valores:  
 $a/b = 1$ , mesmo valor das partes H e L  $a/b = 2 - C_e = 0,2$ . Interpolarmos linearmente para valores intermediários de  $A/b$

$y = h$  ou  $0,15 b$  (tomar o menor dos dois valores).  
 As superfícies H e L referem-se a todo o quadrante.

d) Coeficientes de pressão interna ( $C_{pi}$ )

A ABNT NBR 6123 prevê, para as várias situações de incidência do vento e permeabilidade da construção, os valores do coeficiente de pressão interna ( $C_{pi}$ ), que variam de + 0,6 a - 0,9. Entretanto, para efeito de esforços em coberturas, os coeficientes que mais interessam são aqueles que geram sobrepressão no interior da edificação.

Assim sendo, no caso extremo, quando a proporção entre a área da abertura dominante e a área total das aberturas em todas as faces submetidas à sucção for igual a 3 ou mais, o coeficiente de pressão interna deve ser de + 0,6. Nos casos de beirais desprotegidos (beiral sem forro), ocorrerá uma sobrepressão, cujo coeficiente poderá atingir no máximo +1.

e) Cálculo da pressão de sucção no telhado ou no elemento da telha

A partir das considerações acima, faz-se o cálculo da pressão de sucção que deve ser aplicada na telhado a partir da metodologia de ensaio da ABNT NBR 5643 ou conforme Anexo L, adotando-se adaptações necessárias para cada telhado.

A metodologia de ensaio prescrita na ABNT NBR 5643 ou no Anexo L tem a finalidade de avaliar a resistência dos componentes do SC, quando solicitados por cargas uniformemente distribuídas, ou seja, quando solicitados pelos esforços do vento.

O método da ABNT NBR 5643 ou do Anexo L estabelece uma forma de reproduzir em ensaio de laboratório o fenômeno da resistência das telhas, quando aplicadas em estrutura e solicitadas pela sucção do vento. A sucção do vento ocorre no sentido de tentar arrancar a telha da edificação, e normalmente gera uma situação de risco maior do que aquele gerado pela sobrepressão do vento.

A fórmula utilizada no cálculo da pressão de sucção é:

$$P = (V_k)^2 \times IC_{pi}/1,6$$

onde

P é a pressão de ensaio expresso em pascals;

**ABNT NBR 15575-5:2021**

$V_k$  é a velocidade característica do vento expresso em metros por segundo  
 $- V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$ ;

$C_p$  é a composição dos coeficientes de pressão e de forma externos e de pressão interna (adimensional).

## f) Exemplo de cálculo da pressão de sucção no telhado

Exemplo de cálculo para edificação residencial com 15 m de altura (cerca de 5 andares) e pavimento-tipo com largura de 6m ( $h = 15$  m e  $b = 6$  m), telhado com duas águas, em terreno com muitas obstruções (utilizando as Tabelas J.6 a.J.9).

**Tabela J.6 – Cálculo da velocidade característica do vento  $V_k$  para edificação com 5m de altura**

Região	Velocidade básica $V_0$ (m/s)	Velocidade característica do vento $V_k$ (m/s)
		Edificação com 5m de altura $S_1 = 1,0$ $S_2 = 0,70$ $S_3 = 0,88$
I	30	18,5
II	35	21,6
III	40	24,6
IV	45	27,7
V	50	30,8

## g) Cálculo dos coeficientes de pressão:

Considerando  $\theta = 20^\circ$  (declividade do telhado) e  $\alpha = 0^\circ$  (incidência do vento)

Para a região central do telhado, tem-se  $C_e = - 0,8$  e  $C_{pi} = + 0,6$  (adotando o mais crítico para sobrepressão), ou seja,  $C_p = C_e - C_{pi} = - 0,8 - (+ 0,6) = -1,4$

Para a cumeeira, tem-se  $C_{pe} = - 1,2$  e  $C_{pi} = + 0,6$  (adotando o mais crítico para sobrepressão), ou seja,  $C_p = C_{pe} - C_{pi} = - 1,2 - (+ 0,6) = - 1,8$

Para o beiral tem-se  $C_{pe} = -1,5$  e  $C_{pi} = + 1,0$  (adotando o mais crítico para sobrepressão), ou seja,  $C_p = C_{pe} - C_{pi} = -1,5 - (+1,0) = - 2,5$

A partir do cálculo da Velocidade característica do vento  $V_k$  e dos coeficientes de pressão  $C_p$ , tem-se o cálculo da pressão de sucção pela fórmula abaixo:

$$P = (V_k)^2 \times IC_{pl}/1,6$$

Tabela J.7 – Valores de referência para  $V_k$  e  $C_p$  para edificação com 5m de altura

Região	Velocidade básica $V_o$ (m/s)	Pressão de ensaio Edificação com 5m de altura		
		Pa		
		região central do telhado $C_p = - 1,4$	Cumeeira $C_p = - 1,8$	Beiral $C_p = - 2,5$
I	30	300	400	500
II	35	400	500	750
III	40	500	700	950
IV	45	700	850	1200
V	50	850	1100	1500

A seguir é apresentado um exemplo de cálculo para edificação residencial com 15 m de altura (cerca de cinco andares) e pavimento-tipo com largura de 6 m ( $h = 15$  m e  $b = 6$  m), telhado com duas águas, em terreno com muitas obstruções.

Tabela J.8 – Cálculo da velocidade característica do vento  $V_k$  para edificação com 15m de altura

Região	Velocidade básica $V_o$ (m/s)	Velocidade característica do vento $V_k$ (m/s)
		Edificação com 15m de altura $S_1 = 1,0$ $S_2 = 0,88$ $S_3 = 0,88$
I	30	23,2
II	35	27,1
III	40	31,0
IV	45	34,8
V	50	38,7

Tabela J.9 – Valores de referência para  $V_k$  e  $C_p$  para edificação com 15 m de altura

Região	Velocidade básica $V_o$ (m/s)	Pressão de ensaio Edificação com 15m de altura		
		Pa		
		região central do telhado $C_p = - 1,4$	Cumeeira $C_p = - 1,8$	Beiral $C_p = - 2,5$
I	30	500	600	850
II	35	650	850	1 100
III	40	850	1 100	1 500
IV	45	1 100	1 400	1 900
V	50	1 300	1 700	2 300

## **Anexo L** (normativo)

### **Observações visuais das ocorrências durante o ensaio – Verificação da resistência ao vento – Método de ensaio**

#### **L.1 Princípio**

Este Anexo especifica um método de ensaio para verificar o comportamento das telhas sob ação do vento.

NOTA Mediante acordo entre fornecedor e usuário, o ensaio previsto neste Anexo pode ser substituído por ensaios constantes nas normas de produto, desde que atendam ao princípio estabelecido em L.1.

#### **L.2 Aparelhagem**

##### **L.2.1 Tablado**

Tablado de madeira ou outro material adequado, plano e rígido, provido de terças de madeira ou metálicas.

##### **L.2.2 Balão inflável**

Balão inflável de PVC, de formato paralelepípedo, com largura igual à distância entre as terças sobre as quais são montadas as telhas, com tolerância de – 10 % em relação ao vão e comprimento igual à largura total das três telhas que estão sendo ensaiadas com tolerância de – 5 %. A altura do balão deve ser de  $(250 \pm 50)$  mm. O balão deve possuir uma entrada de ar e pelo menos dois pontos para medição da pressão interna.

##### **L.2.3 Manômetros**

Dois manômetros de coluna de água em U, adequados para medir pressões de 98 Pa até 1 470 Pa (10 mm a 150 mm de coluna de água).

##### **L.2.4 Fonte de ar comprimido**

Fonte de ar comprimido adequada para encher o balão inflável, de forma a permitir a aplicação da pressão de ensaio sem golpes.

##### **L.2.5 Relógios comparadores**

Três relógios comparadores com fundo de escala de 10 mm a 30 mm com resolução de 0,01mm.

##### **L.2.6 Cronômetro**

##### **L.2.7 Trena com resolução em milímetros**

## ABNT NBR 15575-5:2021

### L.3 Preparação do corpo de prova

O corpo de prova deve ser montado no mínimo com três telhas com a sua largura total, adotando-se os detalhes construtivos indicados no manual de instalação do fabricante quanto à distância máxima entre apoios, a distribuição de dispositivos de fixação e a distância máxima do beiral. Deve-se adotar pelo menos dois recobrimentos transversais mínimos entre telhas, conforme ilustrado na figura L.1. A distância  $L$  entre os apoios (terças) é definida pelo fabricante da telha e o comprimento da telha deve ser um pouco maior que a distância entre os apoios, somando-se a distância máxima do beiral.

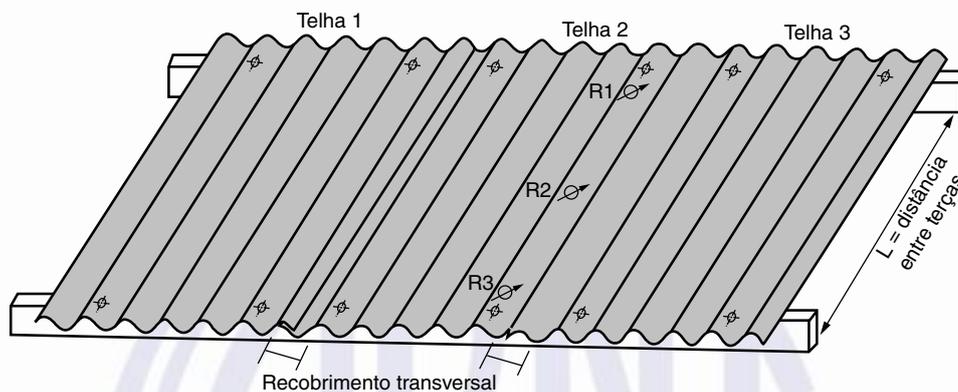


Figura L.1 – Montagem do corpo de prova

### L.4 Procedimento

**L.4.1** Medir o comprimento e a largura das telhas.

**L.4.2** Colocar o balão inflável sobre o tablado, entre as terças, conectar os dois pontos de medição da pressão interna aos manômetros de coluna de água.

**L.4.3** Fixar os três segmentos de telhas sobre as terças conforme recomendado no manual do fabricante das telhas.

**L.4.4** Interligar os manômetros em U com as válvulas do balão inflável, conforme mostrado na Figura L.2.

**L.4.5** Fixar os três relógios comparadores sobre a telha central nos pontos R1, R2, R3, mostrados na Figura L.1.

**L.4.6** Anotar o valor constante em cada relógio comparador (valor 0).

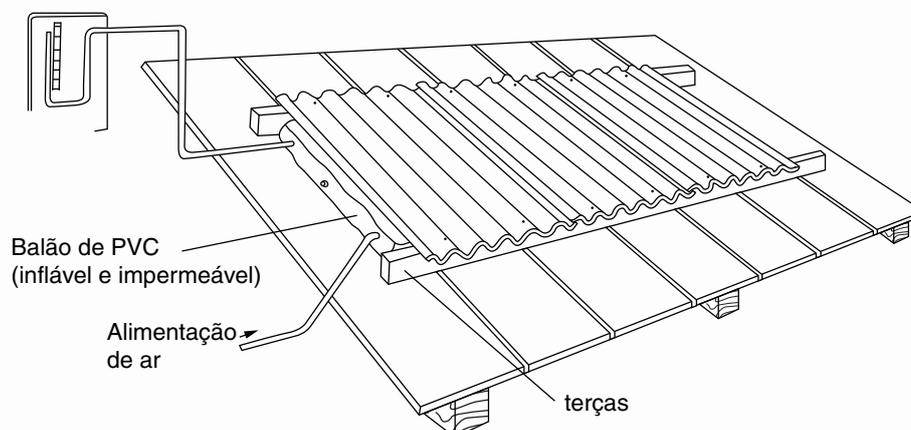


Figura L.2 – Colocação do balão sob as telhas

**L.4.7** Inflar o balão até atingir a primeira pressão constante na Tabela L.1. Manter esta pressão por 5 min e então registrar o deslocamento constante em cada relógio comparador.

As pressões da Tabela L.1 foram calculadas conforme ABNT NBR 6123 e roteiro de cálculo constante no Anexo J. Caso haja pressão de interesse especificada acima das constantes na Tabela L.1, o ensaio deve seguir com tais pressões calculadas conforme ABNT NBR 6123.

**L.4.8** Aliviar a pressão e registrar o valor constante nos relógios comparadores 3 min após aliviar a pressão.

**L.4.9** Repetir as etapas de L.4.6 a L.4.8 com o valor seguinte da pressão constante na Tabela L.1. Verificar em cada etapa se ocorre ruptura ou fissuramento das telhas, ou se estas se desprendem da fixação.

**Tabela L.1 – Pressões de ensaio considerando a pressão no beiral desprotegido**

Pressão		Pressão	
Pa	mmca	Pa	mmca
500	51	1 300	132
650	66	1 400	142
750	76	1 500	153
850	86	1 700	173
950	97	1 900	193
1 100	112	2 100	214
1 200	122	2 300	234

mmca – milímetros de coluna de água

## L.5 Resultados

Devem ser registrados para cada pressão de ensaio os deslocamentos da telha com 5 min de aplicação da pressão e o deslocamento residual 3 min após o alívio da pressão. Em cada pressão de ensaio deve ser registrado se ocorre fissura ou ruptura da telha ou se as telhas se desprendem da fixação.

## L.6 Relatório de ensaio

O relatório de ensaio deve conter no mínimo as seguintes informações:

- identificação do solicitante;
- identificação da amostra;
- dimensões (largura, comprimento) das telhas ensaiadas;
- distâncias entre terças utilizadas no ensaio;

## ABNT NBR 15575-5:2021

- e) detalhes da fixação das telhas utilizada;
- f) pressões aplicadas durante o ensaio;
- g) resultados dos deslocamentos registrados nos três relógios comparadores em cada pressão;
- h) outras alterações observadas nas telhas durante o ensaio;
- i) data de realização do ensaio;
- j) referência a esta Norma.

