

 <p>Rua Serra da Canastra, 391, Cordeiro CEP: 50640-310 Recife/PE</p> <p>Tel: (81) 3366-6444</p> <p>www.tecomat.com.br</p>	<p>Produto</p> <p>Sistema de cobertura composto por estrutura metálica, telhas cerâmicas compostas de encaixe modelo americana e forro de PVC rígido</p> <p>Proponente Jotanunes Construtora</p>	 <p>SINAT</p>
<p>Emissão Junho de 2019</p>	<p><i>Considerando a avaliação técnica coordenada pela ITA TECOMAT e a decisão do Comitê Técnico de 06/05/19 e da Comissão Nacional de 30/05/19, resolveu conceder ao “Sistema de cobertura composto por estrutura metálica e telhas cerâmicas compostas de encaixe e forro de PVC rígido” a Ficha de Avaliação de Desempenho Nº 18. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o produto, destinado a sistemas de coberturas de unidades térreas isoladas e geminadas.</i></p>	<p>FAD Nº 18</p>

Considerações adotadas na avaliação técnica do sistema de cobertura composto por estrutura metálica, telhas cerâmicas compostas de encaixe modelo americana e forro de PVC rígido:

- Para avaliação do sistema de cobertura, foram considerados todos os requisitos da ABNT NBR 15575-5:2013 Edificações habitacionais – Desempenho - Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas.
- Para a avaliação técnica do sistema de cobertura, foi considerado que o dimensionamento e execução da estrutura metálica são executadas de acordo com a ABNT NBR 14762:2010 e o atendimento das telhas cerâmicas e do forro de PVC rígido às ABNT NBR 15310:2009 e ABNT NBR 14285-1:2018, respectivamente;
- A avaliação técnica foi realizada considerando-se o emprego do sistema de cobertura em casas térreas isoladas unifamiliares;
- A avaliação técnica foi realizada considerando o sistema de cobertura com beiral e sem platibanda;
- Quando houver declividades das águas maiores que 30%, e menores do que as máximas recomendadas pelos fabricantes, os resultados de desempenho constantes nesta FAD poderão ser utilizados. Salienta-se que telhados com declividade superior a 30% devem ser providos de dispositivo de segurança suportados pela estrutura principal, conforme item 9.2.3 da ABNT NBR 15575-5;
- Quando houver distância entre ripas menores do que a galga mínima da telha, os resultados de desempenho apresentados nesta FAD poderão ser utilizados
- Foi considerado, para fim de avaliação técnica, que o sistema de cobertura não será acessível ao usuário, sendo acessível apenas para manutenção, que deve ser executada por profissional habilitado e segundo a ABNT NBR 16366:2015;
- O sistema de cobertura sob análise não prevê o uso de caixa d’água apoiada ou traspassando o telhado. A caixa d’água pode ser posicionada sob o telhado, estando ela apoiada numa laje, ou em estrutura externa à edificação;
- Para efeito de avaliação técnica foi considerado o uso de telhas cerâmicas sem pigmentação.

1. Descrição do produto

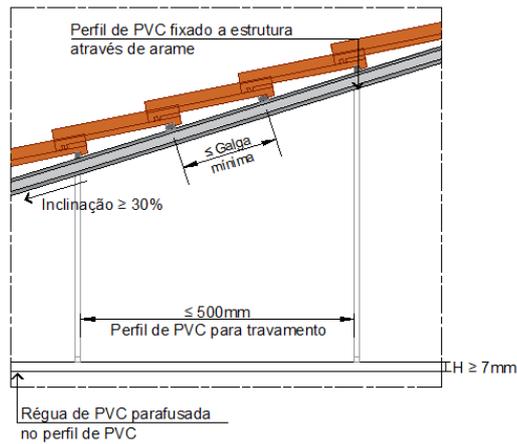
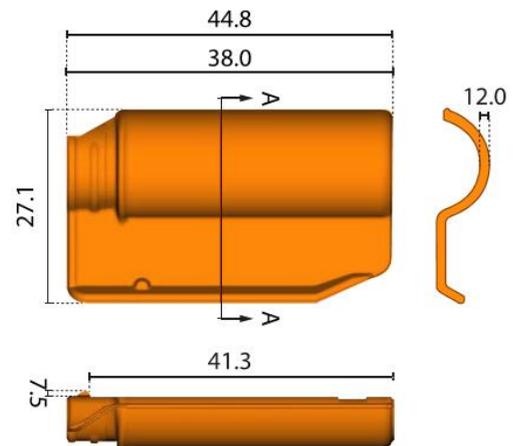


Figura 1 - Sistema de cobertura composto por estrutura metálica, telhas cerâmicas compostas de encaixe modelo americana e forro de PVC rígido

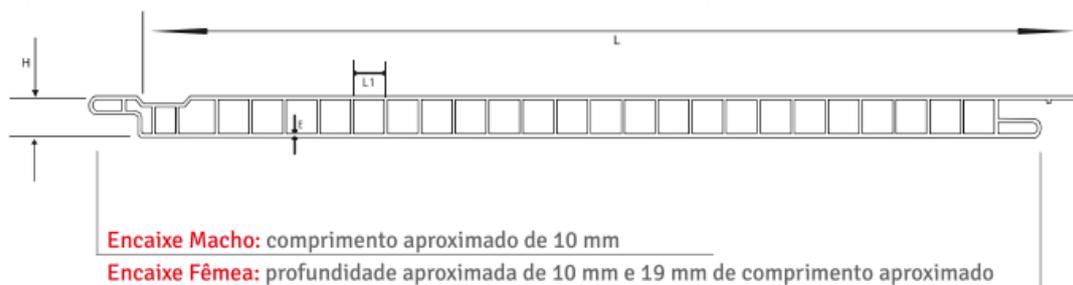
Telha cerâmica – Telha cerâmica composta de encaixe, tipo americana, caracterizada segundo a ABNT NBR 15310:2009, contendo as seguintes características dimensionais:

- a) Largura de fabricação (L): 271mm
- b) Comprimento de fabricação (C): 448mm
- c) Espessura (e): 12mm
- d) Posição do pino ou furo de amarração (Lp): 413mm
- e) Altura do pino (Hp): 7,5mm
- f) Rendimento médio (R_m): 12T/m²
- g) Galga mínima: 38,1mm



Estrutura metálica – Estrutura metálica dimensionada segundo ABNT NBR 14762:2010

Forro suspenso constituído de perfis de PVC rígido – Forro suspenso constituído de perfis de PVC rígido com espessura H≥8mm, atendendo os requisitos da ABNT NBR 14285-1:2018.



Características técnicas			
L	L1	H	E
Largura	Largura 01	Altura	Espessura
200 mm	7 mm	08 mm	0,5 mm

2. Objetivo

Essa Ficha de Avaliação de Desempenho tem por objetivo apresentar comprovação aos requisitos e critérios de avaliação de sistema de cobertura composto por estrutura metálica e telhas cerâmicas composta de encaixe e forro de PVC rígido em atendimento à norma de desempenho ABNT NBR 15575-1:2013 e ABNT NBR 15575-5:2013 Edificações habitacionais – Desempenho - Parte 5: Requisitos para sistemas de cobertura.

3. Referências Normativas

Segue a relação das normas e documentos técnicos utilizados nas avaliações:

- ABNT NBR 15575-1: 2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais;
- ABNT NBR 15575-2: 2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- ABNT NBR 15575-5: 2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- ABNT NBR 15310:2009 – Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio;
- ABNT NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio;
- ABNT NBR 14285-1:2018 - Perfis de PVC rígido para forros – Parte 1: Requisitos;
- ABNT NBR 6123:1988 – Errata 2:2013 - Forças devido a vento em edificações;
- ABNT NBR 6122:2010 – Projeto e execução de fundações;
- ABNT NBR 8681:2003 – Versão Corrigida:2004 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- ABNT NBR 5628:2001 – Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo;
- ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais;
- ABNT NBR 15220-2:2005 – Errata 1:2008 – Desempenho térmico de edificações habitacionais: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;
- ABNT NBR 15220-3:2005 – Zoneamento bioclimático brasileiro diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;
- ABNT NBR 14432:2001 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento
- ABNT NBR 16366:2015 - Qualificação de pessoas para a construção civil - Perfil profissional do telhadista.
- ABNT NBR 9442:1996 – Materiais de Construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante
- ABNT NBR 13571:1996 – Haste de aterramento aço-cobreada e acessórios – Especificação
- ABNT NBR 5419-1:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas – Parte 1: Princípios Gerais
- Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros – Anexo da Portaria INMETRO Nº 50/ 2013

4. Informações e dados técnicos da telha

4.1 Procedimento de instalações e detalhes construtivos

Para a correta instalação da telha cerâmica composta de encaixe modelo Americana, bem como das peças complementares, e do forro de PVC, deverão ser seguidas as orientações apresentadas na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Detalhes construtivos para a montagem de telhados constituídos de telha cerâmica composta de encaixe – modelo Americana

a.	Inclinação mínima	30%
b.	Distância entre ripas	\leq Galga mínima da telha
c.	Distância entre caibros	Em conformidade com projeto específico
d.	Recobrimento lateral mínimo	45mm
e.	Recobrimento longitudinal mínimo	65mm
f.	Fixação do telhado	As telhas situadas no beiral e na cumeeira sejam fixadas à estrutura do sistema de cobertura através de ganchos ou argamassa

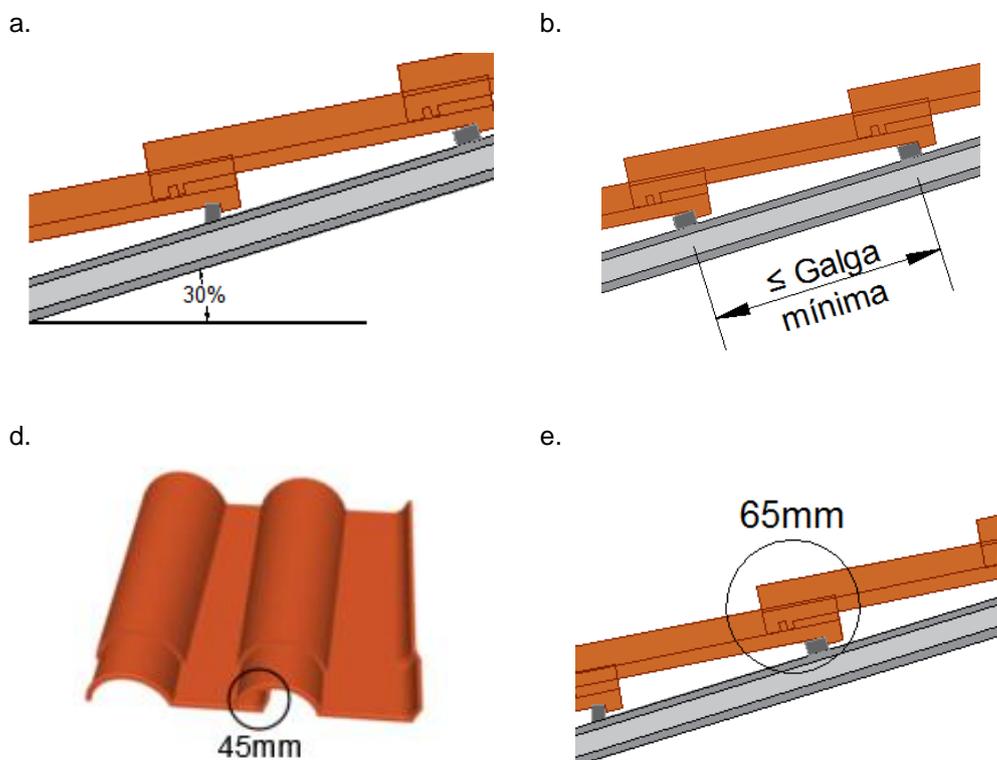


Figura 1 – Orientações para montagem do telhado

4.2 Procedimento detalhado de montagem do engradamento

A execução de montagem do encaixe das telhas deve seguir a sequência de instalação ilustrada abaixo. O cálculo da quantidade de telhas, peças de fixação e peças complementares deve ser realizado previamente, de acordo com as características do telhado e com as indicações contidas nas informações técnicas fornecidas pelo fabricante e projeto específico.



Colocação da primeira telha



Encaixe da segunda telha, garantindo o recobrimento lateral mínimo de 45mm



Encaixe da terceira telha, garantindo o recobrimento longitudinal mínimo de 65mm



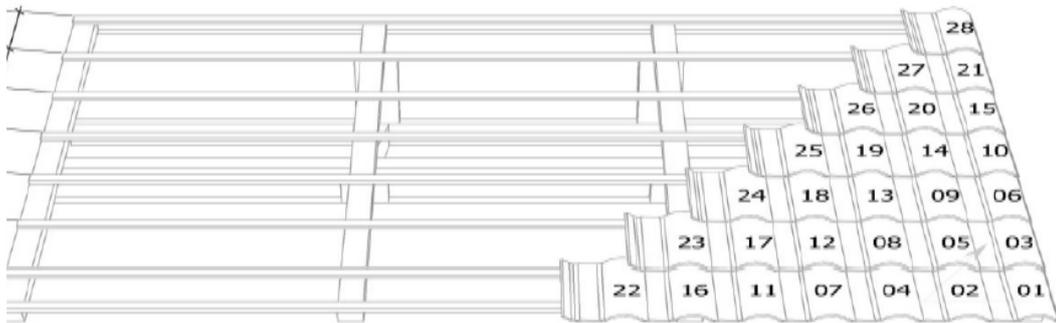
Encaixe da quarta telha, garantindo o recobrimento lateral mínimo de 45mm



Encaixe da quinta telha, garantindo o recobrimento longitudinal mínimo de 65mm



Montagem do telhado concluído



Ordem de colocação das telhas

5. Requisitos, Critérios e métodos de avaliação de desempenho dos sistemas de cobertura

Nas tabelas 2 a 9 são apresentados requisitos e critérios de estabelecidos na ABNT NBR 15575-5:2013 para avaliação do desempenho do sistema de cobertura.

Tabela 2 – Requisitos de desempenho estrutural para sistemas de cobertura, estabelecidos na ABNT NBR 15575-5:2013

Requisitos		Métodos de avaliação	Critérios	
Desempenho estrutural	2.1	Estabilidade e resistência estrutural	Análise de projeto	A análise do projeto dos componentes estruturais do sistema de cobertura, estrutura metálica, no caso, deve ser feita com base na ABNT NBR 14762:2010.
	2.2	Limitação dos deslocamentos verticais	Análise de projeto	Sob ação de cargas gravitacionais, de temperatura, de vento (ABNT NBR 6123:1988/Er2:2013), recalques diferenciais das fundações (ABNT NBR 6122:2010) ou quaisquer outras solicitações passíveis de atuarem sobre a construção, conforme ABNT NBR 8681:2003, os componentes estruturais não podem apresentar deslocamentos maiores que os estabelecidos na ABNT NBR14762:2010.
	2.3	Risco de arrancamento de componentes do SC sob ação do vento	Análise de projeto ou Ensaio em laboratório	Sob ação do vento calculada conforme ABNT NBR 6123:1988/Er2:2013 não pode ocorrer remoção ou danos de componentes do SC sujeitos a esforços de sucção. Análise das premissas de projeto do sistema de cobertura, verificação e validação dos cálculos estruturais seguindo exemplo de roteiro de cálculo dos esforços atuantes do vento em coberturas apresentado no Anexo J da ABNT NBR 15575-5:2013.
	2.4	Solicitações de montagem ou manutenção	Análise de projeto	A análise do projeto dos componentes estruturais do sistema de cobertura, estrutura metálica, no caso, deve ser feita com base na ABNT NBR 14762:2010. As estruturas principal e secundária, quer sejam reticuladas ou treliçadas, devem suportar a ação de carga vertical concentrada de 1kN, 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 e treliças ($dv \leq L/350$); Vigas principais e terças ($dv \leq L/300$); Vigas secundárias ($dv \leq L/180$).
	2.5	Solicitações dinâmicas em sistemas de coberturas e em coberturas-terraço acessíveis aos usuários	Ensaio em laboratório ou em campo	Sob a ação de corpo mole, os componentes da estrutura não podem sofrer ruptura ou instabilidade sob as ações de impacto estabelecidas na tabela 5 da ABNT NBR 15575-2:2013, sendo tolerada a ocorrência de fissuras, escamações, delaminações e outros danos em impacto de segurança, respeitando os limites para deformações instantâneas e residuais dos componentes. Os impactos de corpo mole não podem causar danos a outros componentes acoplados aos componentes sob ensaio. O telhado não é acessível aos usuários, apenas à equipe de manutenção, portanto, a avaliação não é aplicável.
	2.6	Solicitações em forros	Ensaio em laboratório ou em campo	Os forros devem suportar a ação da carga vertical correspondente ao objeto que se pretende fixar, adotando-se coeficiente de majoração 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 5mm, onde L é o vão do forro. A carga mínima de forro é 30N. O ensaio deve ser realizado de acordo com o Anexo B da ABNT NBR 15575-5:2013.
	2.7	Ação de granizo e outras cargas acidentais	Ensaio em laboratório ou em campo	Sob ação de impactos de corpo duro, o telhado não pode sofrer ruptura ou traspasse em face da aplicação de impacto de 1,0J nas telhas. É tolerada a ocorrência de falhas superficiais, como fissuras, lascamentos e outros danos, que não impliquem a perda de estanqueidade do telhado. O ensaio deve ser realizado de acordo com o Anexo C da ABNT NBR 15575-5:2013.

Tabela 3 – Requisitos de segurança contra incêndio para sistemas de cobertura, estabelecidos na ABNT NBR 15575-5:2013

Requisitos		Métodos de avaliação	Critérios
Segurança contra incêndio	3.1	Reação ao fogo de materiais de revestimento e acabamento	Análise de projeto A superfície inferior das coberturas e subcoberturas, ambas as superfícies dos 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 com I, IIA ou IIIA. No caso de cozinhas, a classificação deve ser I ou IIA. A face externa do sistema de cobertura deve classificar-se como I, II ou III.
	3.2	Resistência ao fogo do SC	Análise de projeto Em conformidade com o Anexo A da ABNT NBR 14432:2001

Tabela 4 – Requisitos de segurança no uso e operação para sistemas de cobertura, estabelecidos na ABNT NBR 15575-5:2013

Requisitos		Métodos de avaliação	Critérios
Segurança no uso e operação	4.1	Integridade do sistema de cobertura	Análise de projeto e/ou Ensaio em laboratório Sob ação do próprio peso e sobrecarga de uso, eventuais deslizamentos dos componentes não podem permitir perda de estanqueidade do SC. Análise de premissas de projeto do sistema de cobertura, verificação e validação dos cálculos estruturais, e montagens experimentais segundo os métodos de ensaio do Anexo E da ABNT NBR 15575-5:2013.
	4.2	Manutenção e operação	Análise de projeto e/ou Ensaio em laboratório O SC em análise não é acessível aos usuários e não prevê o uso de platibandas ou inclinação maior que 30%, dessa forma os requisitos de guarda-corpos, platibandas e segurança no trabalho em sistemas de coberturas inclinadas não são aplicáveis. Telhados e lajes de cobertura devem propiciar o caminhamento de pessoas, em operações de montagem, manutenção ou instalação, suportando carga vertical concentrada maior ou igual a 1,2kN nas posições indicadas em projeto e no manual do proprietário, sem apresentar ruptura, fissuras, deslizamento ou outras falhas. Deve ser informado no Manual de Uso e Operação como será executada a manutenção da caixa d'água. O SC em análise prevê a utilização de componentes metálicos, portanto o requisito de aterramento de sistemas de coberturas metálicas deve ser analisado e validado.

Tabela 5 – Requisitos de estanqueidade para sistemas de cobertura, estabelecidos na ABNT NBR 15575-5:2013

Requisitos			Métodos de avaliação	Critérios
Estanqueidade de (Condições de salubridade no ambiente habitável)	5.1	Impermeabilidade	Ensaio em laboratório	O sistema não pode apresentar escoamento, gotejamento de água ou gotas aderentes.
	5.2	Estanqueidade do SC	Ensaio em laboratório	Durante a vida útil de projeto do sistema de cobertura, não pode ocorrer a penetração ou infiltração de água que acarrete escoamento ou gotejamento, considerando-se as condições de exposição indicadas na ABNT NBR 15575-5:2013. Ensaio da estanqueidade à água do SC de acordo com o método apresentado no Anexo D da ABNT NBR 15575-5:2013.
	5.3	Estanqueidade de aberturas de ventilação	Análise de projeto	O sistema de cobertura não pode permitir infiltrações de água ou gotejamentos nas regiões das aberturas de ventilação, constituídas por entradas de ar nas linhas de beiral e saídas de ar nas linhas das cumeeiras, ou de componentes de ventilação. As aberturas e saídas de ventilação não podem permitir o acesso de pequenos animais para o interior do ático ou da habitação.
	5.4	Captação e escoamento de águas pluviais	Análise de projeto	O sistema de cobertura deve ter capacidade para drenar a máxima precipitação passível de ocorrer, na região da edificação habitacional, não permitindo empoçamentos ou extravasamentos para o interior da edificação habitacional, para os áticos ou quaisquer outros locais não previstos no projeto da cobertura.
	5.5	Estanqueidade para SC impermeabilizado	Análise de projeto	Os SC impermeabilizados devem: a) no ensaio de lâmina d'água ser estanques por no mínimo 72h; b) manter a estanqueidade ao longo da vida útil de projeto do SC.

Tabela 6 – Requisitos de desempenho térmico para sistemas de cobertura, estabelecidos na ABNT NBR 15575-5:2013

Requisitos			Métodos de avaliação	Critérios
Desempenho térmico	6.1	Isolamento térmico da cobertura	Método simplificado / Simulação computacional	Apresentar transmitância térmica e absorvância à radiação solar que proporcionem um desempenho térmico apropriado para cada zona bioclimática. No caso de coberturas que não atendam a esse critério simplificado, a verificação do atendimento ou não do desempenho térmico da edificação como um todo deve ser realizada de acordo com a ABNT NBR 15575-1:2013

Tabela 7 – Requisitos de desempenho acústico para sistemas de cobertura, estabelecidos na ABNT NBR 15575-5:2013

Requisitos			Métodos de avaliação	Critérios
Desempenho acústico	7.1	Isolamento de sons aéreos	Ensaio em campo	Isolamento de sons aéreos do conjunto fachada/ cobertura
	7.2	Isolamento de ruído de impacto	Ensaio de campo	Isolamento de ruído de impacto de coberturas acessíveis de uso coletivo

Tabela 8 – Requisitos de durabilidade e manutenibilidade para sistemas de cobertura, estabelecidos na ABNT NBR 15575-5:2013

Requisitos			Métodos de avaliação	Critérios
Durabilidade e Manutenibilidade	8.1	Vida útil de projeto	Análise de projeto	Demonstrar atendimento à vida útil de projeto estabelecida na ABNT NBR 15575-1:2013 Estrutura da cobertura e coletores de águas pluviais embutidos - VUP≥20anos Telhamento - VUP≥13anos
	8.2	Estabilidade da cor das telhas e outros componentes das coberturas	Ensaio em laboratório	A superfície exposta dos componentes pigmentados, coloridos na massa, pintados, esmaltados, anodizados ou qualquer outro processo de tingimento pode apresentar grau de alteração máxima de 3, após exposição acelerada durante 1600h em câmara/lâmpada com arco de xenônio.
	8.3	Manual de uso, operação e Manutenção	Análise de Manual	O manual deve ser fornecido pelo construtor ou incorporador e deve contemplar as instruções práticas para conservação do sistema de cobertura

Tabela 9 – Requisitos de funcionalidade e acessibilidade para sistemas de cobertura, estabelecidos na ABNT NBR 15575-5:2013

Requisitos			Métodos de avaliação	Critérios
Funcionalidade e Acessibilidade	9.1	-	-	O SC deve ser passível de proporcionar meios pelos quais permitam atender fácil e tecnicamente às vistorias, manutenções e instalações previstas para o projeto específico. Atende ao ensaio de caminhamento realizado conforme Anexo G da ABNT NBR 15575-5:2013

6. Avaliação de desempenho do sistema de cobertura composto por estrutura metálica, telhas cerâmicas compostas de encaixe modelo americana e forro de PVC rígido

Os ensaios e avaliações do sistema de cobertura foram realizados considerando os requisitos aplicáveis com o objetivo de verificar se o sistema de cobertura atende aos requisitos mínimos da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575-5:2013. Os ensaios e avaliações relativos à avaliação de sistema de cobertura estão descritos a seguir.

Alguns dos critérios são considerados atendidos desde que os componentes que os compõem atendam aos critérios das respectivas normas prescritivas. Caso o fornecedor não participe do PSQ, deve-se fazer a qualificação do fornecedor antes da compra quanto ao atendimento à norma prescritiva e posteriormente no recebimento do material deverá ser comprovado a qualificação do produto através de ensaio de cada lote a ser utilizado.

6.1 Desempenho estrutural

6.1.1 Estabilidade e resistência estrutural

Atende desde que o dimensionamento e execução da estrutura metálica sejam de acordo com a ABNT NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio, o distanciamento entre as ripas seja menor ou igual à galga mínima da telha e o distanciamento entre os caibros esteja de acordo com projeto específico.

6.1.2 Limitação dos deslocamentos verticais

Atende desde que o dimensionamento e execução da estrutura metálica sejam de acordo com a ABNT NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

6.1.3 Risco de arrancamento de componentes do SC sob ação do vento

Foi realizada análise do projeto, de acordo com o Anexo J da ABNT NBR 15575-5:2013, comprovando o atendimento ao requisito desde que:

- As telhas situadas no beiral e na cumeeira sejam fixadas à estrutura do sistema de cobertura através de ganchos ou argamassa, no caso de edificações localizadas na região de vento I, conforme Figura 2, e quando a inclinação do telhado for inferior a 58% (30°);
- Todas as telhas sejam fixadas à estrutura do sistema de cobertura através de ganchos ou argamassa, no caso de edificações localizadas nas regiões de vento II, III, IV ou V, ou quando na região I a inclinação do SC for igual ou superior a 58% (30°).

Na Figura 2 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 ($V_0=50\text{m/s}$)

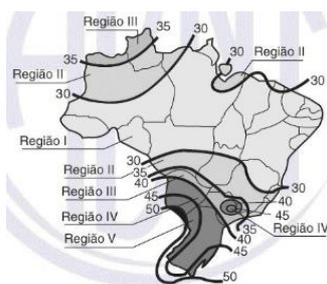


Figura 2 – Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento, “ V_0 ”, em metros por segundo, no Brasil (ABNT NBR 6123:1988/Er2:2013)

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

6.1.4 Solicitação de montagem e manutenção

Atende desde que a estrutura metálica seja dimensionada seguindo premissas da ABNT NBR 14762:2010, que as telhas atendam à ABNT NBR 15310:2009 e que o cálculo estrutural considere a aplicação de carga vertical concentrada de 1kN aplicada na seção mais desfavorável das estrutura principal e secundária, sem que sejam superados os seguintes limites de deslocamento (dv) em função do vão (L): Barras e treliças ($dv \leq L/350$); Vigas principais e terças ($dv \leq L/300$); Vigas secundárias ($dv \leq L/180$).

6.1.5 Solicitações dinâmicas em sistemas de coberturas e em coberturas-terraço acessíveis aos usuários

Requisito não é aplicável. Para efeito desta avaliação técnica, foi considerado que o sistema de cobertura não é acessível aos usuários.

6.1.6 Solicitações em forros

Foram realizados ensaios em campo, em forros com perfis de 8mm de espessura e 200mm de largura fixados em perfis de sustentação (com espaçamento de 500mm) na estrutura metálica por meio de rebite, comprovando o atendimento do forro nesta situação, considerando a carga mínima de uso (30N).

A Tabela 10 e Tabela 11 apresentam os resultados obtidos em dois ensaios realizados em campo. A Figura 3 apresenta imagem da execução do ensaio.

Tabela 10 - Critério e avaliação – Resistência de peças fixadas em forro (ensaio em campo 1)

Ordem	Tempo (min.)	Carga aplicada (Kg)	Critério de desempenho	Ocorrência / Observação	Avaliação
1	10	1,50	Suportar a carga vertical correspondente ao objeto que se pretende fixar, adotando-se coeficiente de majoração $\geq 3,0$. 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.	$L_1 = 3000\text{mm} / 2,17 \leq 5,00$ (OK) $L_2 = 2850\text{mm} / 1,42 \leq 4,75$ (OK)	Atende
2	10	3,00		$L_1 = 3000\text{mm} / 4,33 \leq 5$ (OK) $L_2 = 2850\text{mm} / 3,44 \leq 4,75$ (OK) Ao aplicar 3,00kg (carga de serviço), as deformações não superaram o requisito máximo.	
3	10	4,50		Não foi verificada a ruptura ou falência do forro.	
4	10	6,00			
5	10	7,50			
6	10	9,00			

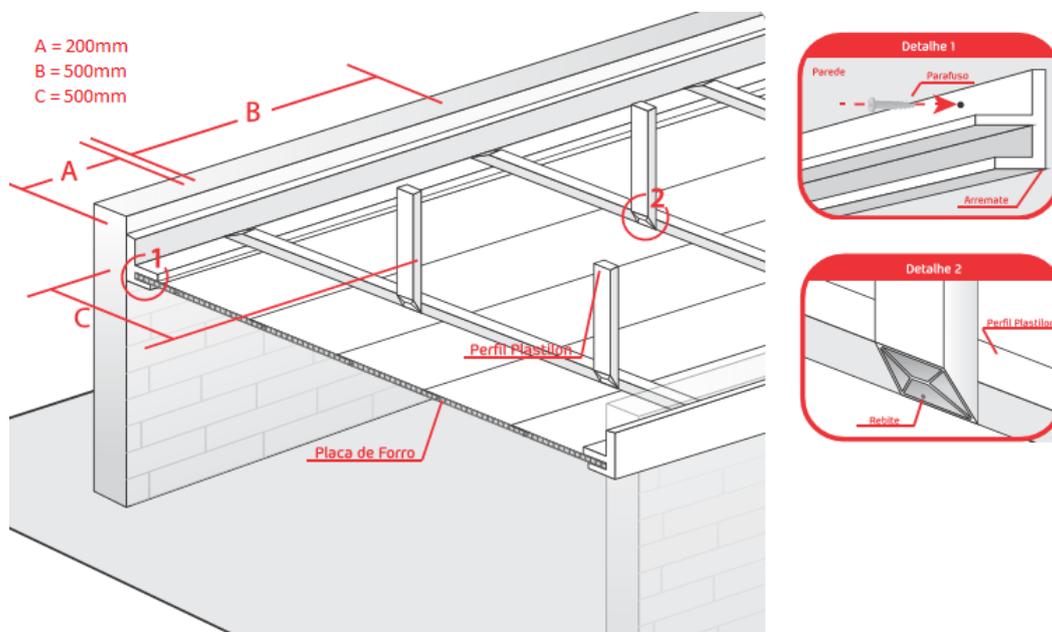
Tabela 11 - Critério e avaliação – Resistência de peças fixadas em forro (ensaio em campo 2)

Ordem	Tempo (min.)	Carga aplicada (Kg)	Critério de desempenho	Ocorrência / Observação	Avaliação
1	10	1,50	Suportar a carga vertical correspondente ao objeto que se pretende fixar, adotando-se coeficiente de majoração $\geq 3,0$. 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.	$L_1 = 3000\text{mm} / 1,75 \leq 5,00$ (OK) $L_2 = 2570\text{mm} / 0,92 \leq 4,28$ (OK)	Atende
2	10	3,00		$L_1 = 3000\text{mm} / 4,93 \leq 5$ (OK) $L_2 = 2570\text{mm} / 3,04 \leq 4,28$ (OK) Ao aplicar 3,00kg (carga de serviço), as deformações não superaram o requisito máximo.	
3	10	4,50		Não foi verificada a ruptura ou falência do forro.	
4	10	6,00			
5	10	7,50			
6	10	9,00			



Figura 3 - Realização do ensaio de resistência de peças fixadas em forro de PVC rígido

Dessa forma, o sistema de cobertura atende desde que os perfis de PVC rígidos utilizados atendam aos requisitos da ABNT NBR 14285-1:2018, tenham espessura $H \geq 8\text{mm}$, largura $l \leq 200\text{mm}$ e espaçamento de perfis de sustentação com 500mm.



6.1.7 Ação de granizo e outras cargas acidentais em telhados

Foi realizado ensaio de resistência a impactos em campo, conforme as premissas do Anexo C da ABNT NBR 15575-5:2013. No ensaio realizado, o SC suportou impactos com energia de 2,5J sem apresentar fissuras, lascamentos ou quaisquer outros danos que comprometeram a estanqueidade, demonstrando o atendimento ao critério de resistência a impactos de corpo duro em telhados.

Atende aos requisitos solicitados, desde que a telha cerâmica seja do tipo americana e atenda a ABNT NBR 15310:2009.

6.2 Segurança contra incêndio

6.2.1 Reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento

Segundo a ABNT NBR 15575-5:2013, a superfície inferior das coberturas e subcoberturas, ambas as superfícies de forros 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 2 da própria ABNT NBR 15575-5:2013, conforme método de avaliação previsto. No caso de cozinhas, a classificação deve ser I ou II A.

As telhas cerâmicas e o aço da estrutura são materiais reconhecidamente incombustíveis, o que dispensa a necessidade de comprovação da reação ao fogo através de ensaios para esses componentes.

O item 4.5.8 da ABNT NBR 14285-1:2018, apresenta os seguintes critérios para reação ao fogo dos perfis de PVC rígidos para forro:

- Os perfis de PVC para forro devem estar enquadrados na classe II A, em atendimento à ABNT NBR 15575-5:2013;
- Os perfis de PVC devem apresentar índice de propagação de chama máximo de 25 quando submetidos ao ensaio da ABNT NBR 9442:1986;
- Os perfis de PVC para forro não podem sofrer ignição e não podem gerar fumaça quando submetidos ao ensaio da ABNT NBR 15575-5:2013, Anexo K.

Dessa forma, o requisito de reação ao fogo do sistema de cobertura sob análise é considerado atendido, desde que, os perfis de PVC para forro atendam aos requisitos da ABNT NBR 14285-1:2018, mais especificamente ao item 4.5.8 da referida norma.

6.2.2 Resistência ao fogo do Sistema de Cobertura

De acordo com o Anexo A da ABNT NBR 14432:2001 “Estão isentas dos requisitos de resistência ao fogo estabelecidos nesta norma as edificações térreas, exceto quando: A cobertura da edificação tiver função de piso, mesmo que seja para saída de emergência; a estrutura da edificação, a critério do responsável técnico pelo projeto estrutural, for essencial à estabilidade de um elemento de compartimentação; A edificação não tiver uso industrial, com carga de incêndio específica superior a 500MJ/m² (excluem-se desta regra os depósitos); A edificação tiver uso industrial, com carga de incêndio específica superior a 1200 MJ/m², observados os critérios de compartimentação constantes nas normas brasileiras em vigor ou, na sua falta, regulamentos de órgãos públicos; A edificação for utilizada como depósito com a carga de incêndio específica superior a 2000 MJ/m², observados os critérios de compartimentação constantes nas normas brasileiras em vigor ou, na sua falta, regulamentos de órgãos públicos”. Como a unidade residencial não se enquadra nas exceções, está isenta da análise deste requisito.

6.3 Segurança no uso e operação

6.3.1 Integridade do sistema de cobertura

Os elementos não devem escorregar da estrutura e nem apresentar fissuras na nervura. A Figura 4 apresenta a instrumentação completa para o ensaio de suporte das garras de fixação.

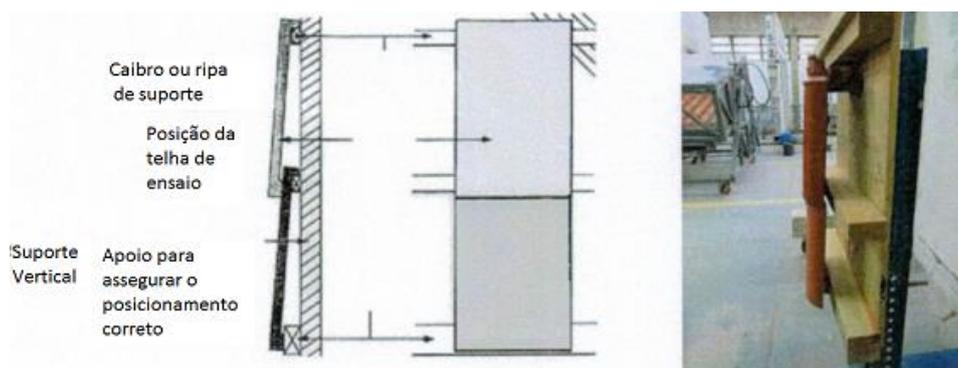


Figura 4 – Instrumentação requerida ao ensaio de fixação de garra

A Tabela 12 apresenta os resultados de suporte de garra de fixação das telhas.

Tabela 12 – Resultados de fixação

Amostras	Avaliação
1	Não foram averiguadas falhas no elemento ensaiado
2	Não foram averiguadas falhas no elemento ensaiado
3	Não foram averiguadas falhas no elemento ensaiado
4	Não foram averiguadas falhas no elemento ensaiado
5	Não foram averiguadas falhas no elemento ensaiado
6	Não foram averiguadas falhas no elemento ensaiado
7	Não foram averiguadas falhas no elemento ensaiado
8	Não foram averiguadas falhas no elemento ensaiado
9	Não foram averiguadas falhas no elemento ensaiado

Verifica-se que as telhas analisadas não apresentam falhas, deslizamento nem ruptura durante e após o ensaio. Com isso, apresentam desempenho satisfatório

6.3.2 Manutenção e operação

5.3.2.1 Guarda-corpo em coberturas acessíveis aos usuários

O SC em análise não é acessível aos usuários e não prevê o uso de platibandas, dessa forma os requisitos de guarda-corpos em sistemas de coberturas inclinadas não são aplicáveis.

5.3.2.2 Segurança no trabalho em sistemas de coberturas inclinadas

O projeto do telhado deve prever o uso de dispositivos ancorados na estrutura principal, de forma a possibilitar o engate de cordas, cintos de segurança e outros equipamentos de proteção individual, para declividades superiores a 30%, além de delimitar as posições dos componentes dos telhados que não possuem resistência mecânica suficiente para o caminhamento de pessoas e também indicar a forma de deslocamento das pessoas sobre os telhados. Estas informações devem constar no manual do proprietário.

O SC em análise não prevê declividade superior a 30%, dessa forma o requisito não é aplicável.

5.3.2.3 Possibilidade de caminhamento de pessoas sobre o sistema de cobertura

O ensaio constitui no sistema de cobertura ser submetido a uma carga concentrada maior ou igual a 1,2 kN no seu centro geométrico. O posicionamento da carga está ilustrado na Figura 5 e a amostra não deve apresentar ruptura, fissura, deslizamento ou outras falhas.

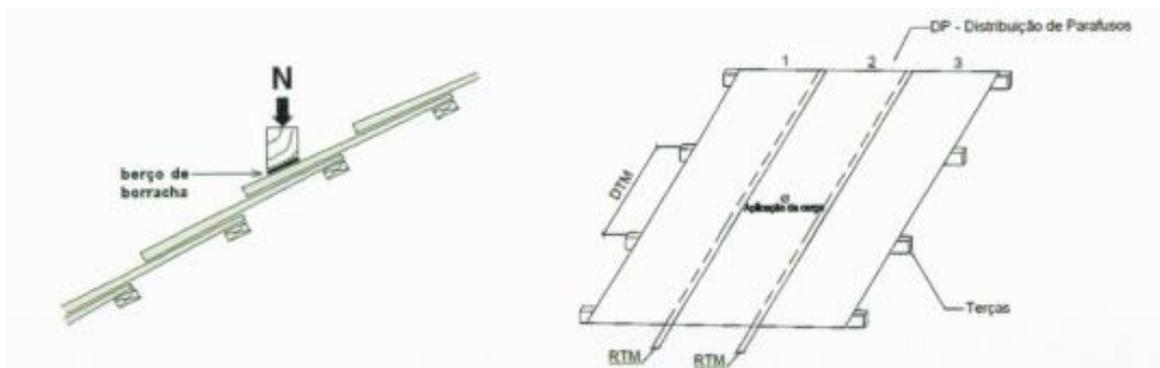


Figura 5 – Carga concentrada transmitida com o auxílio de cutelo de madeira e berço de borracha

Após o descarregamento da carga máxima (1,2 kN), não foi identificada deformação residual na telha ou na estrutura analisada. Sendo assim, apresentando atendimento satisfatório.



Figura 6 – Realização do ensaio de caminhamento

5.3.2.4 Aterramento de sistema de cobertura metálica

O SC em análise prevê a utilização de componentes metálicos, portanto o projeto do sistema de cobertura deve demonstrar atendimento às ABNT NBR 13571:1996 e ABNT NBR 5419:2015.

6.4 Estanqueidade

6.4.1 Impermeabilidade

O ensaio foi realizado conforme ABNT NBR 15310:2009 – Anexo B e demonstra o atendimento da telha cerâmica (tipo: americana) para este requisito.

6.4.2 Estanqueidade

O ensaio representa fielmente o sistema de cobertura, quando submetida a uma determinada vazão de água e, dependendo da Região, sob uma diferença estática de pressão. Após a instalação do sistema é aspergida água a uma vazão de 4 L/min/m² durante 30 minutos. Após esse período, aplica-se a pressão de 10 Pa por um período de 5 minutos. Incrementa-se a pressão de 10 em 10 Pa até atingir 50 Pa. Ao longo do ensaio, verifica-se a existência de vazamentos, escorrimentos ou manchas de umidade nas faces das telhas opostas à aspersão de água. Segue Figura 7, ilustrando a câmara utilizada para ensaio. O ensaio de estanqueidade no sistema de cobertura foi realizado, considerando uma declividade de 30%.

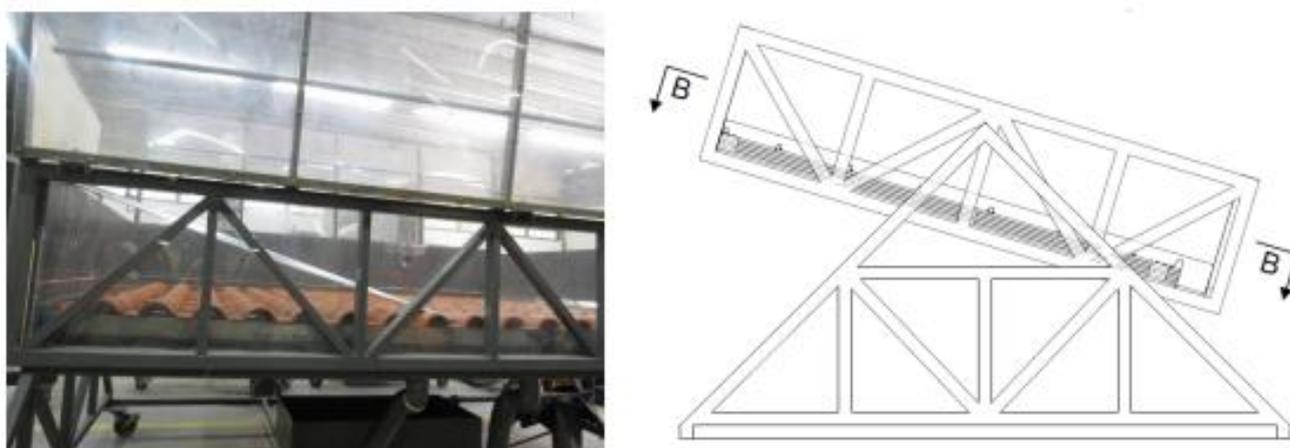


Figura 7 – Câmara utilizada para realização do ensaio

Os resultados do ensaio, apresentados na Tabela 13, demonstram atendimento para este requisito considerando a utilização de solução impermeabilizante de superfície e seu uso em todas as regiões de vento (regiões I, II, III, IV e V) definidas no mapa de isopleias da ABNT NBR 6123:1988/Errata 2:2013.

Tabela 13 – Resultados de ensaio de estanqueidade à água

Pressão de ensaio (Pa)	Tempo de aplicação	Observação
0	30 minutos	Não ocorreram vazamentos
10	5 minutos	Não ocorreram vazamentos
20	5 minutos	Não ocorreram vazamentos
30	5 minutos	Não ocorreram vazamentos
40	5 minutos	Não ocorreram vazamentos
50	5 minutos	Não ocorreram vazamentos

As condições de ensaio de estanqueidade de telhados apresentada na ABNT NBR 15575-5:2013 e o mapa das isopleias definindo as regiões do Brasil conforme a ABNT NBR 6123:1988/Er2:2013 são apresentadas na Tabela 14 e Figura 8 a seguir.

Tabela 14 – Condições de ensaio de estanqueidade de telhados

Regiões	Condições de ensaio	
	Pressão estática Pa	Vazão de água L/min/m ²
I	10	4
II	20	
III	30	
IV	40	
V	50	

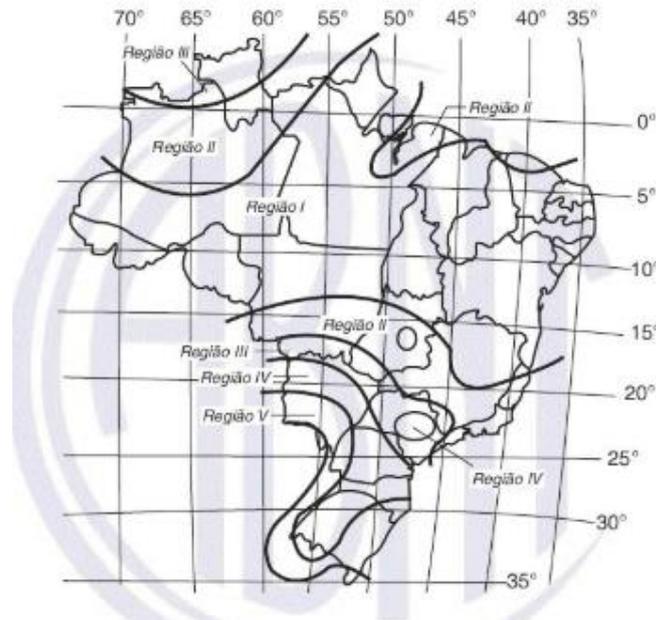


Figura 8 – Condições de exposição de acordo com as regiões do Brasil (ABNT NBR 6123:1988/Er2:2013)

6.4.3 Estanqueidade de aberturas de ventilação

Não aplicável. Caso o projeto preveja aberturas, há a necessidade de análises específicas complementares.

6.4.4 Captação e escoamento de águas pluviais

Consideram-se estanques os sistemas de captação e escoamento de águas pluviais cujas seções sejam compatíveis com as precipitações previstas na norma ABNT NBR 10844:1989, com os devidos tratamentos nas emendas de peças, encontros com tubos de queda etc. A estanqueidade dependerá ainda da constante limpeza ao longo da vida útil da cobertura, o que deve ser expressamente registrado no Manual de Uso e Operação.

Não aplicável, critério válido apenas quando da avaliação de telhados com dispositivos de captação de águas.

6.4.5 Estanqueidade para SC impermeabilizado

O SC sob avaliação não é impermeabilizado, portanto, o requisito não é aplicável.

6.5 Desempenho térmico

6.5.1 Isolamento térmico da cobertura

O método aplicável para a avaliação do desempenho térmico de um sistema de cobertura (sem levar em consideração as características do projeto específico) é o procedimento 1 – Simplificado - prescrito na ABNT NBR 15575-5:2013. O principal parâmetro de avaliação do desempenho térmico do procedimento simplificado é a transmitância térmica (U), conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica – M (Fonte: ABNT NBR 15575-5:2013)

Transmitância térmica (U) W/m ² K				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8	
U ≤ 2,30	α ≤ 0,6	α > 0,6	α ≤ 0,4	α > 0,4
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FT	U ≤ 1,5 FT
α é absortância à radiação solar da superfície externa da cobertura.				
NOTA O fator de correção da transmitância (FT) é estabelecido na ABNT NBR 15220-3.				

Segundo o Anexo Geral V Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros – Anexo da Portaria INMETRO nº 50/2013, a transmitância térmica (U) do sistema de cobertura sob avaliação é 1,75W/(m².K), conforme apresentado na Figura 9.

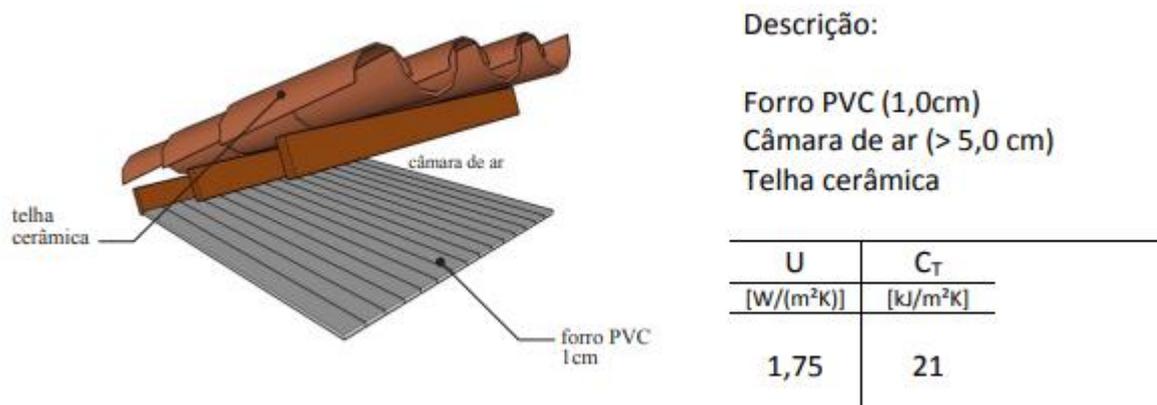


Figura 9 - Propriedades térmicas do sistema de cobertura (Fonte: Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros – Anexo da Portaria INMETRO Nº 50/ 2013)

Com U=1,75W/(m².K) e considerando que a absortância (α) da telha cerâmica está entre 0,75 e 0,85, conforme disposto na ABNT NBR 15220-2:2008, e apresentado na Tabela 15, o sistema de cobertura sob avaliação não apresenta o atendimento ao nível mínimo de desempenho para todas as zonas bioclimáticas (conforme classificação definida da ABNT NBR 15220-3:2005).

Isto posto, conclui-se que para o uso do sistema de cobertura sob análise há a necessidade de avaliação de cada projeto específico através de simulação computacional. Pois existem muitas variáveis que interferem diretamente no resultado obtido, tais como: sistema de vedação vertical, localização do empreendimento, geometria do empreendimento etc.

6.6 Desempenho acústico

6.6.1 Isolamento de sons aéreos

Conforme preconizado nas ABNT NBR 15575-4:2013 e ABNT NBR 15575-5:2013, as vedações verticais externas são avaliadas exclusivamente nos dormitórios e respectivos sistemas de cobertura.

Na avaliação de desempenho acústico das fachadas, as vedações devem ser analisadas de acordo com a classe de ruído onde a edificação está inserida, obtida a partir do nível de pressão sonora incidente nas fachadas.

A Tabela 16 apresenta, para cada classe de ruído, a Diferença Padronizada de Nível Ponderado à 2m da fachada ($D_{2m,nT,w}$) requerida em cada nível de desempenho.

Tabela 16 – Requisitos e critérios de isolamento sonora de vedações verticais externas (Fachadas)

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ (dB)	Nível de desempenho
I	Habitação localizada longe de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 20	Mínimo
		≥ 25	Intermediário
		≥ 30	Superior
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25	Mínimo
		≥ 30	Intermediário
		≥ 35	Superior
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 30	Mínimo
		≥ 35	Intermediário
		≥ 40	Superior

Foram analisados 13 (treze) relatórios de ensaios executados em casas térreas unifamiliares com a mesma tipologia de sistema de cobertura e com sistemas de vedações verticais externos (fachadas) distintos, sendo observados os resultados a seguir:

Tabela 17 - Resultados de ensaios realizados em campo pelo método de engenharia
Diferença padronizada de nível ponderada a 2m de distância da fachada ($D_{2m,nT,w}$)

Sistema de Vedação Vertical Externa – SVVIE	Aberturas	$D_{2m,nT,w}$
Alvenaria em bloco de concreto (9X19X39)	Janela de correr Alumínio (1,0mx1,0m)	28
		26
		28
		28
		26
Parede maciça de concreto armado e=10cm	Parede cega	27
		29
		32
		31
		25
		28
		25

Isto posto, conclui-se que o sistema de cobertura apresenta potencial para compor um sistema de vedação externa que atenda ao nível mínimo de desempenho para as classes de ruído I e II.

6.6.2 Isolamento de ruído de impacto

Não aplicável para o SC sob avaliação.

6.7 Durabilidade e manutenibilidade

6.7.1 Vida útil de projeto

Atende às respectivas Normas brasileiras, que por sua vez estabelecem as exigências para o desempenho e a durabilidade dos produtos, frente às considerações sobre VUP contidas na ABNT NBR 15575-1:2013 e apresentadas na Tabela 18 a seguir.

Tabela 18 – Vida útil de projeto (VUP) mínima

Parte da edificação	Elemento	VUP Mínima anos
Cobertura	Estrutura da cobertura	≥20
	Telhamento	≥13
	Calhas de beirais e coletores de águas pluviais aparentes facilmente substituíveis	≥4
	Rufos, calhas internas e demais complementos (de ventilação, iluminação, vedação)	≥8

6.7.2 Estabilidade de cor das telhas e outros componentes do SC

Requisito não aplicável, considerando o uso de telhas cerâmicas sem pigmentação ou tratamento superficial. No caso de telhas pigmentadas ou esmaltadas, o desempenho deve ser comprovado através de ensaio

6.7.3 Manual de Uso, Operação e Manutenção

O manual deve ser fornecido pelo construtor ou incorporador e deve contemplar as instruções práticas para conservação do sistema de cobertura de acordo com as premissas da ABNT NBR 14037:2011.

6.8 Funcionalidade e Acessibilidade

O SC deve ser passível de proporcionar meios pelos quais permitam atender fácil e tecnicamente às vistorias, manutenções e instalações previstas para o projeto específico.

Atende ao ensaio de caminhamento realizado conforme Anexo G da ABNT NBR 15575-5:2013 e presente no item 5.3.2.3 deste documento.

7. Considerações Finais

Devem ser observados os Manuais Técnicos do fabricante de telha e do forro PVC.

O sistema de cobertura na tipologia avaliada atende às exigências da ABNT NBR 15575-5 Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas (ABNT, 2013), desde que:

- O dimensionamento e execução da estrutura metálica sejam executadas de acordo com a ABNT NBR 14762:2010;
- As telhas cerâmicas atendam aos requisitos e critérios da ABNT NBR 15310:2009;
- O forro de PVC rígido atenda aos requisitos e critérios da ABNT NBR 14285:2018;
- O forro seja instalado com espaçamento entre os elementos de fixação iguais ou menores que os especificados na figura 1, deste documento.
- Conste no manual de uso, operação e manutenção da edificação;
- A estrutura metálica seja aterrada segundo princípios da ABNT NBR 5419-1:2015.

Serão necessárias comprovações de desempenho específicos para os seguintes requisitos:

- Desempenho térmico: há a necessidade de avaliação de cada projeto específico através de simulação computacional;
- Desempenho acústico: O desempenho acústico do conjunto fachada + cobertura deve ser comprovado através de ensaio realizado em campo, pelo método de engenharia preconizado na ABNT NBR 15575-4:2013, para cada projeto específico.

8. Fontes de Informação

DOCUMENTO	FUNÇÃO	NORMA TÉCNICA
REL 012 - PREDILETA PSQ AME L- 030418 (SENAI-BA)	Relatório de ensaios de caracterização das telhas cerâmicas	ABNT NBR 15310:2009
REL 013 - PREDILETA PSQ AME L- 030418 (SENAI-BA)		
REL 014 - PREDILETA PSQ AME L- 030418 (SENAI-BA)		
REL 015 - PREDILETA PSQ AME L- 030418 (SENAI-BA)		
REL 016 - PREDILETA PSQ AME L- 030418 (SENAI-BA)		
REL 017 - PREDILETA PSQ AME L- 030418 (SENAI-BA)		
REL 018 - PREDILETA PSQ AME L- 030418 (SENAI-BA)		
REL 019 - PREDILETA PSQ AME L- 030418 (SENAI-BA)		
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº2664/2019 (UNISINOS)	Relatório de ensaio de estanqueidade à água do sistema de cobertura	ABNT NBR 15575-5:2013 (ANEXO D)
	Relatório de ensaio de verificação da resistência de suporte das garras de fixação ou de apoio	ABNT NBR 15575-5:2013 (ANEXO E)
RELATÓRIO DE ENSAIO RLT.TCN-642.18-00 (TECOMAT)	Relatório de ensaio de resistência a ação de granizo e outras cargas acidentais	ABNT NBR 15575-5:2013 (ANEXO C)
RELATÓRIO DE ENSAIO RLT.TCN-641.18-01 (TECOMAT)	Relatório de ensaio de Solicitação em forro	ABNT NBR 15575-5:2013 (ANEXO B)
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº2720/2019 (UNISINOS)	Relatório de ensaio de verificação da resistência ao caminhamento	ABNT NBR 15575-5:2013 (Item 9.2.4)
RELATÓRIO DE ANÁLISE – RT 01MC (Prima Engenharia de Projetos)	Relatório de análise do risco de arrancamento de componentes do sistema de cobertura sob ação do vento	ABNT NBR 15575-5:2013 (ANEXO J)
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 1063 128-203 (IPT)	Relatório de Densidade Óptica de fumaça do forro PVC	ASTM E 662-13
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 1063 129-203 (IPT)	Relatório de determinação do Índice de propagação superficial de chama	ABNT NBR 9442:1996
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 1063 130-203 (IPT)	Relatório de classificação dos materiais de acabamento e revestimento empregados nas edificações	Procedimento de ensaio CETAC-LSFEx-PE188

RLT.DES-017.11-00 (TECOMAT)	Relatórios de ensaio de isolamento acústico de vedações externas (fachadas) Método de engenharia	ISO 140-5:2009 ISO 717-1:2006
RLT.DSP-025.12-00 (TECOMAT)		
RLT. DSP-027.12- 00(TECOMAT)		
RLT. DSP-029.12-00 (TECOMAT)		
RLT. DSP-033.12-00 (TECOMAT)		
RLT. DSP-037.12-00 (TECOMAT)		
RLT. DSP-043.12-00 (TECOMAT)		
RLT. DSP-051.12-00 (TECOMAT)		
RLT. HBT-041.13-00 (TECOMAT)		
RLT. DSP-129.15-00 (TECOMAT)		