

Relatório Técnico de Avaliação | Extrato

Flexibilização dos
sistemas Saint-Gobain
Infill e Cortina

SAINT-GOBAIN
NEXTERA



SAINT-GOBAIN NEXTERA



AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE FACHADA LEVE COM CHAPAS DE FIBROCIMENTO NA CONFIGURAÇÃO DE FACHADA CORTINA E COM CHAPAS DE GESSO REFORÇADAS COM FIBRA DE VIDRO NA CONFIGURAÇÃO DE FACHADA INFILL

Sistema de fachada leve em steel frame da Saint-Gobain para emprego em edifícios de múltiplos pavimentos.

RESUMO

O Sistema Nextera Fachadas da Brasilit é composto por uma estrutura de perfis leves de aço. Este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de desempenho de dois sistemas de fachada leve da Saint-Gobain, sendo um sistema com fechamento externo de chapas cimentícias e perfis metálicos leves na configuração cortina; e o outro sistema com fechamento externo de chapas de gesso reforçadas com fibra de vidro Glasroc X e perfis metálicos leves na configuração infill (entre pavimentos). Ambos os sistemas já haviam sido alvo de avaliação de desempenho no IPT em suas configurações originais, ou seja, com as chapas de fechamento externo trocadas: chapas cimentícias na configuração de perfis metálicos infill e chapas Glasroc X na configuração de perfis metálicos cortina.

A avaliação do potencial de desempenho dos sistemas de fachada leve baseou-se na ABNT NBR 15.575-4 e na Diretriz SiNAT nº 009 (revisão 01), bem como nos resultados das avaliações de desempenho dos sistemas de fachada leve em suas configurações originais. As novas configurações foram comparadas às originais quanto às características técnicas consideradas críticas para cada requisito de desempenho. Para os requisitos em que as novas configurações foram consideradas menos críticas que as configurações originais, os resultados de desempenho da configuração original foram adotados. Foram realizadas novas avaliações de desempenho para a isolamento sonora e para o comportamento higrotérmico dos sistemas de fachada, ambas por simulação computacional.

Conclui-se que os sistemas de fachada leve em suas novas configurações atendem aos requisitos de desempenho aplicáveis. A estrutura dos sistemas de fachada leve e suas fixações devem ser dimensionadas para cada edifício. Recomenda-se a revisão dos detalhes construtivos considerando-se as novas configurações estruturais propostas.

Palavras-chave: desempenho, fachada leve, light steel frame, fibrocimento, gesso, fibra de vidro.

1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta os resultados da avaliação técnica de dois sistemas de fachada leve da Saint-Gobain, sendo um sistema com fechamento externo de chapas cimentícias e perfis metálicos leves na configuração cortina; e o outro sistema com fechamento externo de chapas de gesso reforçadas com fibra de vidro Glasroc X e perfis metálicos leves na configuração infill (entre pavimentos). O trabalho é objeto da Proposta Técnica 42.970/20.

Considerou-se a troca das chapas de fechamento externo em conjunto com seus respectivos revestimentos (basecoat, tela de reforço e tratamento de juntas), mantendo-se as demais especificações conforme as configurações originalmente propostas para a fachada cortina ou a fachada infill, a menos do tamanho da aba e espaçamento entre montantes, o qual seguiu as determinações originais de cada uma das placas: montantes com 40 mm de aba, espaçados a cada 600 mm para as chapas Glasroc X; e montantes com 50 mm de aba, espaçados a cada 400 mm para as chapas cimentícias.

2. SÍNTESE DO MÉTODO DE TRABALHO

Para avaliação técnica do sistema de fachada leve, foram realizadas as seguintes atividades:

1. Análise das especificações originais dos sistemas de fachada leve: análise e síntese das especificações dos sistemas de fachada leve constantes nos Relatórios Técnicos IPT n° 151 740-205 para chapas cimentícias e n° 158 022-205 para Glasroc X, bem como os cadernos de detalhes construtivos encaminhados ao IPT.
2. Revisão das especificações dos sistemas de fachada leve nas novas configurações: revisão das especificações considerando a troca das chapas de fechamento externo, juntamente dos respectivos sistemas de revestimento e tratamento de juntas externos, nas novas configurações.
3. Compilação dos resultados de desempenho dos sistemas originais de fachada leve: síntese dos resultados de potencial de desempenho constantes nos Relatórios Técnicos IPT n° 151 740-205 para chapas cimentícias e n° 158 022-205 para Glasroc X e respectivos relatórios de ensaio, em conjunto com as características técnicas que influenciam cada um dos resultados de desempenho.
4. Avaliação da criticidade das novas configurações dos sistemas de fachada leve frente a cada requisito de desempenho: comparação entre as características técnicas das novas configurações dos sistemas de fachada leve e as características técnicas dos sistemas de fachada leve em suas configurações originais, seguida da análise de sua criticidade, ou seja, se as características dos novos sistemas de fachada leve estão a favor da segurança

ou não, para cada um dos requisitos de desempenho avaliados. Em função dessa análise, foram identificados os requisitos de desempenho para os quais foi possível aproveitar os resultados de desempenho existentes e os requisitos de desempenho para os quais novas avaliações fizeram-se necessárias.

5. Elaboração da justificativa técnica para os requisitos de desempenho que não requerem novas avaliações: para os requisitos de desempenho para os quais as características técnicas dos novos sistemas de fachada leve foram consideradas menos críticas que as configurações originais, elaborou-se uma justificativa técnica para o aproveitamento dos resultados de desempenho obtidos nas avaliações anteriores.
6. Realização de novas avaliações para alguns requisitos de desempenho: para os requisitos de desempenho para os quais as características técnicas dos novos sistemas de fachada leve foram consideradas mais críticas que as configurações originais, ou para os quais não foi possível concluir quanto à criticidade, foram necessárias novas avaliações.
 - 6.1. Desempenho acústico: avaliação do potencial de isolamento sonora ao ruído aéreo dos sistemas de fachada leve em suas novas configurações, por simulação computacional.

A simulação acústica foi feita utilizando-se o software INSUL e cálculos acústicos com base em histórico de medições executadas pelo IPT. Como base de comparação, foram tomados dois ensaios de paredes denominadas infill original e cortina original, cujos dados estão reportados nos Relatórios de Ensaio IPT nº 1 093 887-203 e nº 1 108 639-203, respectivamente. As medições em laboratório apresentam uma incerteza associada ao resultado de ± 1 dB. Os modelos de simulação iniciais foram ajustados de forma a obter valores dentro da faixa de incerteza dos ensaios e com o perfil da curva de isolamento sonora e valores das correções o mais próximo possível dos valores experimentais. Uma vez feito esse ajuste, foi simulada a isolamento sonora das novas configurações de fachada, descritas no item 3.1.

- 6.2. Comportamento higrotérmico: avaliação do teor de umidade em cada uma das camadas do sistema de fachada leve e do risco de condensação intersticial, por meio de simulação computacional, considerando-se os sistemas de fachada leve em suas novas configurações.

A simulação higrotérmica foi feita utilizando-se o software WUFI Pro (versão 5.3), para as condições climáticas da cidade de São Paulo, considerando-se um padrão de ocupação típico de um edifício de escritórios, com uma renovação de ar por hora, climatizado durante o dia e não climatizado à noite (as condições são as mesmas que foram utilizadas na avaliação anterior do sistema de fachada leve com chapas Glasroc X). A simulação considerou um período de três anos, sendo analisados os resultados do último ano. Foram simuladas 12 configurações de fachada, descritas no item 3.1. Os resultados detalhados encontram-se no Relatório Técnico IPT nº 160 873-205 e são sintetizados no presente relatório.

3. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS DE FACHADA LEVE EM SUAS NOVAS CONFIGURAÇÕES

3.1. SISTEMA DE FACHADA LEVE COM CHAPAS DE FECHAMENTO EXTERNO DE FIBROCIMENTO E PERFIS METÁLICOS NA CONFIGURAÇÃO CORTINA

A configuração básica é apresentada na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Especificação do sistema de fachada leve com fechamento externo em chapas cimentícias na configuração cortina.

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICAÇÕES		
Revestimento externo	Basecoat bicomponente composto de argamassa colante tipo AC-I aditivada com resina acrílica, na proporção 20 kg de argamassa colante: 4 L de resina. Espessura de revestimento de 3 mm a 4 mm. Reforço do basecoat de tela de fibra de vidro álcali resistente, malha (3,5 x 3,8 mm). Basecoat não tem função de acabamento final. Tratamento de juntas entre chapas de fechamento externo constituído por: fundo de junta de espuma de polietileno com Ø de 6 mm, primer acrílico, massa acrílica para tratamento de juntas aplicada com largura de 200 mm e tela de fibra de vidro álcali resistente igual à do basecoat, com largura de 200 mm.		
Fechamento externo	Chapa cimentícia com espessura de 10 mm, largura nominal de 1.200 mm e comprimento nominal de 2.400 mm ou 3.000 mm, com bordas retas (sem rebaixo). Juntas entre placas com largura de 5 ± 1 mm. Posicionamento das placas no sentido vertical. Fixação das placas aos montantes com parafusos (Ø 4,2 x 32 mm) espaçados a cada 300 mm. Juntas de controle espaçadas a cada 6,00 m (horizontal e vertical).		
Barreira contra água	Manta (Tyvek) impermeável à água e permeável ao vapor d'água, fixada aos montantes com parafusos.		
Estrutura	Montantes em perfil leve de aço galvanizado, com resistência ao escoamento de 230 MPa e classe de galvanização Z275 para atmosferas rurais e urbanas, e Z350 para atmosferas marinhas, espessura de 0,95 mm, aba de 50 mm e alma conforme projeto estrutural (90 mm, 120 mm, 140 mm ou 200 mm), espaçados no máximo a cada 400 mm. Perfis bloqueadores com espaçamento vertical a cada 1,50 m e espaçamento horizontal a ser definido no projeto estrutural da fachada para cada edifício (montante sim/montante não para edifício de 25 pavimentos), respeitando-se o mínimo de um bloqueador entre os montantes de extremidade do vão. Bloqueadores conectados entre si por fita metálica. Fixação dos bloqueadores aos montantes com parafuso metal-metal (Ø 4,8 x 19 mm). Fixação dos montantes à estrutura do edifício por meio de cantoneiras de aço galvanizado, com resistência ao escoamento de 350 MPa, classe de galvanização Z275 para atmosferas rurais e urbanas, e Z350 para atmosferas marinhas, espessura de 3 mm, largura de 50 mm e comprimento de 100 mm ou 150 mm, conforme o tamanho da alma do montante a ser fixado, considerando apoio mínimo de 2/3 da alma do montante sobre a cantoneira e espaçamento mínimo entre o montante e a borda da estrutura do edifício de 10 mm. Espaçamento vertical máximo entre cantoneiras de 3,00 m. Fixação dos montantes às cantoneiras metálicas com quatro parafusos (Ø 4,8 x 19 mm), sendo dois fixos e dois inseridos em furos oblongos na cantoneira metálica. Fixação da cantoneira metálica à estrutura do edifício (em concreto armado com resistência característica à compressão de, no mínimo, 20 MPa) com dois chumbadores mecânicos com dimensões mínimas de Ø 9,52 x 80 mm, a ser confirmadas no projeto estrutural de fachada específico de cada edifício.		
	Para TRRF = 90 min	Para TRRF = 120 min	Para TRRF = 120 min
Isolante térmico	Lã de vidro com densidade de 10 kg/m³ e espessura de 100 mm*	Lã de rocha com densidade de 48 kg/m³ e espessura de 100 mm*	Lã de vidro com densidade de 10 kg/m³ e espessura de 100 mm*
Fechamento interno	Duas placas de drywall RF com 15 mm de espessura**	Duas placas de drywall RF com 15 mm de espessura**	Três placas de drywall RF com 15 mm de espessura**

*Para paredes com montante de 90 mm, isolante fica comprimido.

**Fixação das placas de drywall à estrutura metálica da fachada, tratamento de juntas entre placas e revestimento conforme recomendações para sistemas drywall.

O sistema de fachada leve com chapas de fechamento externo de chapa cimentícia também contém alguns perfis de PVC utilizados no acabamento de juntas entre chapas.

O elemento utilizado para compartimentação vertical entre pavimentos (e eventualmente para compartimentação horizontal), também denominado firestop, na fachada cortina, é constituído por placas de lâ de rocha com espessura 25% maior que a do vão entre a chapa de fechamento externo e a estrutura do edifício, com densidade de 144 kg/m³. Aplica-se selante intumescente (densidade de 160 kg/m³ e resistência ao fogo de 120 min) entre o firestop, as chapas de fechamento e os montantes.

3.2. SISTEMA DE FACHADA LEVE COM CHAPAS DE FECHAMENTO EXTERNO DE GESSO REFORÇADAS COM FIBRA DE VIDRO E PERFIS METÁLICOS NA CONFIGURAÇÃO INFILL

A configuração básica é apresentada na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Especificação do sistema de fachada leve com fechamento externo de chapa de gesso na configuração infill (Glasroc X infill)

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICAÇÕES		
Revestimento externo	Basecoat monocomponente (argamassa cimentícia com adição de polímeros). Espessura de revestimento de 3 mm a 5 mm. Reforço do basecoat de tela de fibra de vidro álcali resistente, malha (3,5 x 3,8 mm). Basecoat não tem função de acabamento final. Tratamento de juntas entre chapas de fechamento externo constituído por: argamassa polimérica aplicada com largura de ~ 200 mm e tela de fibra de vidro álcali resistente igual à do basecoat, com largura de 100 mm.		
Fechamento externo	Chapa de gesso reforçada com fibras e aditivos e revestida em ambas as faces com véu de fibra de vidro e reforço polimérico (Glasroc X), com espessura de 12,5 mm, largura nominal de 1.200 mm e comprimento nominal de 3.000 mm, com bordas retas (sem rebaixo). Juntas entre placas com largura de 3 mm. Posicionamento das placas no sentido horizontal, em amarração. Fixação das placas aos montantes com parafusos (Ø 3,5 x 25, 35 ou 45 mm; Ø 4,2 x 32 ou 50 mm), espaçados a cada 150 mm. Juntas de controle espaçadas.		
Barreira contra água	Manta (Tyvek) impermeável à água e permeável ao vapor d'água, fixada aos montantes com parafusos.		
Estrutura	Montantes e guias em perfil leve de aço galvanizado, com resistência ao escoamento de 230 MPa e classe de galvanização Z275 para atmosferas rurais e urbanas, e Z350 para atmosferas marinhas, espessura de 0,95 mm, aba de 40 mm e alma conforme projeto estrutural (90 mm, 120 mm, 140 mm ou 200 mm), espaçados no máximo a cada 600 mm. A necessidade de bloqueadores deve ser verificada no projeto estrutural da fachada, considerando-se os esforços de vento. Fixação dos montantes à guia inferior com parafuso metal-metal (Ø 4,8 x 19 mm), sendo um parafuso em cada aba. Montantes não são fixados à guia superior, apenas encaixados. Fixação da guia inferior à estrutura do edifício com chumbador de expansão ou parafuso com bucha, dimensões determinadas em projeto de fachada específico de cada edifício, com espaçamento máximo a cada 400 mm. Um trecho da guia permanece em balanço, para permitir que o fechamento externo cubra a estrutura do edifício. O apoio mínimo da guia equivale a 2/3 de sua alma, para balanços maiores deve-se utilizar uma cantoneira auxiliar de modo a propiciar um apoio adequado para a guia. Tira de espuma elastomérica (banda acústica) posicionada entre os perfis metálicos e a estrutura do edifício, em todo o perímetro do quadro.		
	Para TRRF = 90 min	Para TRRF = 120 min	Para TRRF = 120 min
Isolante térmico	Lã de vidro com densidade de 10 kg/m ³ e espessura de 100 mm*	Lã de rocha com densidade de 48 kg/m ³ e espessura de 100 mm*	Lã de vidro com densidade de 10 kg/m ³ e espessura de 100 mm*
Fechamento interno	Duas placas de drywall RF com 15 mm de espessura**	Duas placas de drywall RF com 15 mm de espessura**	Três placas de drywall RF com 15 mm de espessura**

*Para paredes com montante de 90 mm, isolante fica comprimido.

**Fixação das placas de drywall à estrutura metálica da fachada, tratamento de juntas entre placas e revestimento conforme recomendações para sistemas drywall.



O sistema de fachada leve infill também inclui perfis leves de aço galvanizado auxiliares: o perfil “U” (30 x 30 mm), para execução de apoios intermediários e estruturação de cantos; o perfil “CD” (30 x 60 mm), para fixação direta a vigas e pilares de borda; cantoneiras de ancoragem, para fixação dos perfis “CD” à estrutura suporte do edifício; e cantoneiras de reforço (dimensionamento caso a caso), nas situações em que o balanço da guia inferior supera o limite de $bw/3$. Todos esses perfis têm, no mínimo, a mesma resistência mecânica e a mesma classe de galvanização das guias e dos montantes.

O sistema de fachada leve com chapas de fechamento externo de gesso também contém alguns perfis de PVC utilizados no acabamento de juntas entre chapas.

O elemento utilizado para compartimentação vertical entre pavimentos (e eventualmente para compartimentação horizontal), também denominado firestop, na fachada infill, é uma manta de lã mineral estruturada com tela metálica em uma das suas faces, incombustível, com 50 mm de espessura e densidade de 66 kg/m^3 , posicionada no vão entre a placa de fechamento externo e a estrutura do edifício.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados de caracterização dos componentes constam nos Relatórios Técnicos nº 151 740-205 (componentes originalmente integrantes do sistema Nextera com chapa cimentícia) e nº 158 022-205 (componentes originalmente integrantes do sistema Nextera com chapa Glasroc X). Como não houve reformulação dos componentes, considera-se que os resultados de caracterização permanecem válidos. Observa-se que, para o basecoat que corresponde à chapa Glasroc X, adotaram-se as características técnicas das amostras obtidas dos corpos de prova expostos ao envelhecimento natural (como consta no Relatório Técnico nº 157 798-205), pois tais características mostraram-se menos favoráveis para o comportamento higrotérmico da fachada nas análises anteriores.

Destaca-se a necessidade de incluir a especificação da resistência à corrosão dos parafusos utilizados em ambos os sistemas de fachada leve na documentação técnica de cada um dos sistemas.

4.1. DESEMPENHO ESTRUTURAL

4.1.1. RESISTÊNCIA A CARGAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDAS

A análise do atendimento ao requisito de desempenho estrutural relativo à resistência a cargas uniformemente distribuídas para as novas configurações de fachada, considerando-se os resultados de desempenho das configurações originais, é apresentada na **Tabela 3**.

Tabela 3 – Análise do atendimento das novas configurações de fachada ao requisito de resistência a cargas uniformemente distribuídas

NEXTERA COM CHAPA CIMENTÍCIA	CONFIGURAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA RESULTADOS DE DESEMPENHO	NOVA CONFIGURAÇÃO	ANÁLISE
Resistência e deformação das chapas de fechamento externo	Nextera com chapa cimentícia infill: chapa de fibrocimento com espessura de 10 mm, posicionada na vertical, parafusada a montantes metálicos espaçados em 400 mm e parafusos espaçados em 300 mm.	Nextera com chapa cimentícia cortina: chapa de fibrocimento com espessura de 10 mm, posicionada na vertical, parafusada a montantes metálicos espaçados em 400 mm e parafusos espaçados em 300 mm.	Os resultados do ensaio de resistência a cargas uniformemente distribuídas na configuração infill original atendem aos limites de deslocamento e não apresentaram falhas. As características dimensionais e mecânicas da chapa e a distância entre apoios e parafusos se mantêm iguais para a nova configuração de fachada cortina. Os resultados de desempenho existentes se aplicam e atendem ao requisito de desempenho com relação ao comportamento da chapa de fechamento externo.
Resistência e deformação dos perfis metálicos	Nextera com chapa Glasroc X cortina: perfis de dimensões 0,95 x 40 x 90-200 mm. Espessuras/ espaçamento: 0,95 mm/600 mm para pressão de uso de 1.089 Pa; 0,95 mm/400 mm para pressão de uso de 1.780 Pa; 1,25 mm/600 mm para pressão de uso de 1.780 Pa.	Nextera com chapa cimentícia cortina: perfis de dimensões 0,95 x 50 x 90-200 mm, espaçados em 400 mm.	Memória de cálculo analisada para fachada cortina original (com chapas Glasroc X): perfis metálicos com alma de 200 mm, espaçamento entre montantes de 400 mm (para perfil de 0,95 mm), bloqueadores a cada 1.500 mm (montante sim/ montante não), altura entre cantoneiras de fixação dos montantes de 3.000 mm, pressão de vento de segurança de 2.460 Pa. A análise da memória de cálculo indica que é possível adotar a espessura de perfil (0,95 mm) e o espaçamento entre montantes (400 mm) especificados para a nova configuração (com chapas cimentícias). O tamanho da alma dos montantes e o espaçamento dos bloqueadores precisam ser dimensionados para cada edifício, respeitando-se o mínimo de bloqueadores nos montantes de extremidade e a cada 1,5 m na vertical. O efeito de contraventamento das chapas não deve ser considerado nesse dimensionamento.
Resistência das fixações	Nextera com chapa Glasroc X cortina: cantoneiras metálicas fixas à estrutura do edifício com chumbadores mecânicos, espaçamento igual ao espaçamento entre montantes (600 mm).	Nextera com chapa cimentícia cortina: cantoneiras metálicas fixas à estrutura do edifício com chumbadores mecânicos, espaçamento igual ao espaçamento entre montantes (400 mm).	Cantoneiras metálicas apresentaram comportamento estrutural satisfatório no ensaio de resistência a cargas distribuídas na fachada cortina original (com chapas Glasroc X), espaçadas a cada 600 mm. Novo espaçamento entre cantoneiras é menor, pois montantes estarão a cada 400 mm, e está a favor da segurança. Os chumbadores que fixam a cantoneira à estrutura do edifício devem ser dimensionados para cada edifício.

NEXTERA COM CHAPAS GLASROC X	CONFIGURAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA RESULTADOS DE DESEMPENHO	NOVA CONFIGURAÇÃO	ANÁLISE
Resistência e deformação das chapas de fechamento externo	Nextera com chapa Glasroc X cortina: chapa de gesso com espessura de 12,5 mm, posicionada na horizontal (em amarração), parafusada a montantes metálicos espaçados em 600 mm, parafusos espaçados em 150 mm.	Nextera com chapa Glasroc X infill: chapa de gesso com espessura de 12,5 mm, posicionada na horizontal (em amarração), parafusada a montantes metálicos espaçados em 600 mm, parafusos espaçados em 150 mm.	Os resultados do ensaio resistência a cargas uniformemente distribuídas na configuração original atendem aos limites de deslocamento para a pressão de serviço de 1.089 Pa. As características dimensionais e mecânicas da chapa e a distância entre apoios se mantêm iguais para a nova configuração. Os resultados de desempenho existentes se aplicam e atendem ao requisito de desempenho com relação ao comportamento da chapa de fechamento externo, para pressão de até 1.089 Pa.
Resistência e deformação dos perfis metálicos	Nextera com chapa cimentícia infill: perfis de dimensões 0,95 x 50 x 90-200 mm, espaçados a cada 400 mm.	Nextera com chapa Glasroc X infill: perfis de dimensões 0,95 ou 1,25 x 40 x 90-200 mm, espaçados a cada 600 mm.	Memória de cálculo analisada para fachada infill original (com chapas cimentícias): altura livre dos perfis de 2.700 mm, alma de 140 mm, espaçamento entre montantes de 400 mm, pressão de vento de segurança de 2.730 Pa. Nova configuração da fachada infill apresenta um espaçamento entre montantes (600 mm) maior que o espaçamento original (400 mm) e, portanto, não está a favor da segurança (para as mesmas dimensões de alma e espessura dos perfis). É necessário dimensionar a espessura do perfil, o tamanho da alma e o espaçamento entre bloqueadores para atender ao ELU e ao ELS frente aos esforços solicitantes, para cada edifício. O efeito de contraventamento das chapas não deve ser considerado nesse dimensionamento.
Resistência das fixações	Nextera com chapa cimentícia infill: guias fixas à estrutura do edifício com chumbadores mecânicos ou parafusos com bucha, espaçados no máximo a cada 400 mm.	Nextera com chapa Glasroc X infill: guias fixas à estrutura do edifício com chumbadores mecânicos ou parafusos com bucha. Espaçamento entre chumbadores da fachada infill original: 400 mm.	Recomenda-se a adoção do espaçamento máximo entre chumbadores para a fachada Nextera com chapa Glasroc X infill igual ao da fachada Nextera com chapa cimentícia infill, ou seja, 400mm, visto que esse foi o espaçamento adotado nos ensaios mecânicos cujos resultados de desempenho embasam este estudo. Entretanto, os chumbadores que fixam a guia inferior à estrutura do edifício, bem como o espaçamento entre esses chumbadores, devem ser dimensionados para cada edifício.

4.1.2. RESISTÊNCIA A SOLICITAÇÕES DE CARGAS PROVENIENTES DE PEÇAS SUSPENSAS

Ambos os sistemas de fachada leve atenderam ao requisito de desempenho de resistência a solicitações de cargas provenientes de peças suspensas em suas configurações originais.

Nos ensaios, a fixação do suporte para peças suspensas foi feita diretamente nas chapas de fechamento externo. Ou seja, o desempenho observado depende exclusivamente das características técnicas das chapas de fechamento. Portanto, os resultados existentes aplicam-se aos sistemas de fachada leve em suas novas configurações.

4.1.3. RESISTÊNCIA A CARGAS PONTUAIS EXTERNAS

O ensaio de resistência a cargas pontuais externas foi feito para o sistema Nextera de fachada leve com chapa de fibrocimento, com apoio da carga apenas sobre a chapa. O resultado atendeu ao requisito de desempenho em questão e se aplica também à nova configuração do sistema Nextera de fachada com chapa de fibrocimento.

Para a chapa de gesso Glasroc X, o ensaio não foi feito. Sugere-se a sua realização para comprovação de que a chapa não sofrerá danos excessivos (ruptura ou deslocamentos excessivos) com aplicação desse esforço, considerando-se o apoio da carga apenas sobre a chapa – carga de 1 kN, dividida entre dois apoios com dimensões de 25 x 25 mm, espaçados entre si em 440 mm (situação semelhante à de uma escada portátil apoiada sobre as chapas, para eventuais operações de manutenção). Entretanto, este não é um requisito considerado crítico para o desempenho estrutural desse sistema de fachada leve, haja vista o atendimento aos demais requisitos de desempenho que dependem de seu comportamento mecânico.

4.1.4. RESISTÊNCIA A IMPACTOS DE CORPO MOLE

A análise do atendimento ao requisito de desempenho estrutural relativo à resistência a impactos de corpo mole para as novas configurações de fachada, considerando-se os resultados de desempenho das configurações originais, é apresentada na **Tabela 4**.

Tabela 4 – Análise do atendimento das novas configurações de fachada ao requisito de resistência ao impacto de corpo mole.

NEXTERA COM CHAPA CIMENTÍCIA	CONFIGURAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA RESULTADOS DE DESEMPENHO	NOVA CONFIGURAÇÃO	ANÁLISE
Resistência a impactos de corpo mole – impactos na face externa	Nextera com chapa cimentícia infill: chapa de fibrocimento com espessura de 10 mm, posicionada na vertical e parafusada a montantes metálicos espaçados em 400 mm. Nextera com chapa Glasroc X cortina: perfis de dimensões 0,95 x 40 x 90 mm (menor inércia), espaçados em 600 mm na configuração cortina, fixos a cantoneiras espaçadas em, no máximo, 3.000 mm.	Nextera com chapa cimentícia cortina: chapa de fibrocimento com espessura de 10 mm, posicionada na vertical e parafusada a montantes metálicos espaçados em 400 mm, fixos a cantoneiras metálicas espaçadas em, no máximo, 3.000 mm, com bloqueadores a cada 1.500 mm de altura, pelo menos nos montantes de extremidade, conectados com fitas metálicas.	As características mecânicas e dimensionais e posicionamento da chapa de fechamento externo permanecem iguais aos da fachada Nextera com chapa cimentícia infill, assim como o espaçamento entre montantes. No impacto entre montantes, situação de maior esforço na chapa de fechamento externo, o sistema de fachada infill original atendeu aos limites de deslocamento e de falhas para a energia de impacto de 720 J. Com relação à configuração da estrutura da fachada, a nova configuração possui dimensões de perfil iguais à configuração da fachada cortina ensaiada quanto à resistência ao impacto, com um espaçamento entre montantes menor (400 mm), ou seja, a favor da segurança. O corpo de prova ensaiado tinha bloqueadores nos vãos entre montantes próximos às extremidades do corpo de prova e fita entre bloqueadores, a 1.500 mm de altura. O sistema Nextera de fachada cortina original (com chapa Glasroc X) atendeu aos limites de deslocamento e de falhas para a energia de impacto de 720 J. Sendo assim, os resultados de desempenho existentes aplicam-se e atendem ao requisito de desempenho de resistência ao impacto de corpo mole, desde que se mantenham os bloqueadores conforme ensaiado.
Resistência a impactos de corpo mole – impactos na face interna	Nextera com chapa cimentícia infill: duas chapas de drywall RF com 15 mm de espessura, fixas aos perfis metálicos da fachada, espaçados a cada 600 mm (no ensaio específico). Nextera com chapa Glasroc X cortina: ensaio não realizado.	Nextera com chapa cimentícia cortina: duas ou três chapas de drywall RF com 15 mm de espessura, fixas aos perfis metálicos da fachada, espaçados a cada 400 mm, fixos a cantoneiras metálicas espaçadas em, no máximo, 3.000 mm, com bloqueadores a cada 1.500 mm de altura, pelo menos nos montantes de extremidade, conectados com fitas metálicas.	O sistema de fachada infill original atendeu aos limites de deslocamento e de falhas para a energia de impacto de 360 J, considerando a aplicação do impacto entre montantes, situação de maior esforço na chapa de fechamento interno. O ensaio foi feito para um espaçamento entre montantes de 600 mm, ou seja, menos favorável que o espaçamento especificado tanto no sistema original quanto no novo sistema de fachada, estando, portanto, a favor da segurança; no entanto, a condição de vinculação dos perfis metálicos (cortina) e o posicionamento das chapas de gesso fora da borda da laje não foram reproduzidos em ensaios anteriores. Assim, recomenda-se a repetição do ensaio de resistência ao impacto de corpo mole na face interna na configuração cortina.

NEXTERA

NEXTERA COM CHAPA GLASROC X	CONFIGURAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA RESULTADOS DE DESEMPENHO	NOVA CONFIGURAÇÃO	ANÁLISE
Resistência a impactos de corpo mole – impactos na face externa	Nextera com chapa Glasroc X cortina: chapa de gesso com espessura de 12,5 mm, posicionada na horizontal (em amarração) e parafusada a montantes metálicos espaçados em 600 mm. Nextera com chapa cimentícia infill: perfis de dimensões 0,95 x 50 x 90 mm (menor inércia), espaçados em 400 mm na configuração infill, fixos a guias superiores e inferiores com altura livre de 2.600 mm, sem bloqueadores.	Nextera com chapa Glasroc X infill: chapa de gesso com espessura de 12,5 mm, posicionada na horizontal (em amarração) e parafusada a montantes metálicos espaçados em 600 mm, na configuração infill.	As características mecânicas e dimensionais e posicionamento da chapa de fechamento externo permanecem iguais à fachada Glasroc X cortina, assim como o espaçamento entre montantes (600 mm). No impacto entre montantes, situação de maior esforço na chapa de fechamento externo, o sistema de fachada cortina original atendeu aos limites de deslocamento e de falhas para a energia de impacto de 720 J. Com relação à configuração da estrutura da fachada, a nova configuração possui dimensões de perfil semelhantes à configuração da fachada infill ensaiada quanto à resistência ao impacto, mas tem um espaçamento entre montantes maior (600 mm), ou seja, não está a favor da segurança. Entretanto, o espaçamento entre montantes é igual ao adotado na fachada cortina original (com chapa Glasroc X). Para possibilitar o aproveitamento dos resultados de resistência ao impacto de corpo mole da fachada cortina original, é necessário utilizar a mesma configuração de bloqueadores, a cada 1.500 mm de altura.
Resistência a impactos de corpo mole – impactos na face interna	Nextera com chapa cimentícia infill: duas chapas de drywall RF com 15 mm de espessura, fixas aos perfis metálicos da fachada, espaçados a cada 600 mm (no ensaio específico).	Nextera com chapa Glasroc X infill: duas ou três chapas de drywall RF com 15 mm de espessura, fixas aos perfis metálicos da fachada, espaçados a cada 600 mm (infill).	O sistema de fachada infill original atendeu aos limites de deslocamento e de falhas para a energia de impacto de 360 J. O ensaio foi feito para um espaçamento entre montantes de 600 mm, ou seja, igual ao espaçamento especificado para a nova configuração de fachada infill. Os resultados de desempenho existentes se aplicam e atendem ao requisito de desempenho com relação ao comportamento da chapa de fechamento interno.

4.1.5. RESISTÊNCIA A IMPACTOS DE CORPO DURO

Ambos os sistemas de fachada leve atenderam ao requisito de desempenho de resistência a impactos de corpo duro em suas configurações originais. A resistência a impactos de corpo duro depende das características mecânicas do revestimento externo (basecoat) e da chapa de fechamento externo. Como os conjuntos formados por chapa e basecoat são mantidos nas novas configurações dos sistemas de fachada leve, os resultados de desempenho existentes aplicam-se aos novos sistemas.

4.1.6. RESISTÊNCIA A CARGAS DE OCUPAÇÃO INCIDENTES EM PARAPEITOS DE JANELAS

O ensaio de resistência a cargas de ocupação incidentes em parapeitos de janelas foi realizado para o sistema de fachada infill com fechamento de chapa de fibrocimento, com perfis de dimensões 0,95 x 50 x 90 mm, montantes espaçados em 400 mm (com montantes duplos nas extremidades do vão de janela) e guia inferior com balanço de 30 mm. O ensaio foi feito no protótipo, localizado na fábrica da Saint-Gobain, em Capivari. Foram aplicadas cargas de parapeito de uso coletivo, ou seja, 1.000 N/m para carga de uso e 1.700 N/m para carga de segurança. Os requisitos de limites de deslocamento e falhas foram atendidos.

Para as demais configurações de fachada, considera-se que o atendimento a esse requisito possa ser demonstrado pelo dimensionamento da estrutura da fachada leve, a ser feito para cada edifício.

4.1.7. RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DA ARGAMASSA AO SUBSTRATO

O resultado de resistência de aderência para o basecoat bicomponente aplicado sobre chapa de fibrocimento foi de 0,57 MPa, ou seja, superior ao valor mínimo de 0,30 MPa requerido pela Diretriz SiNAT nº 009 (revisão 1).

4.2. SEGURANÇA AO FOGO

4.2.1. REAÇÃO AO FOGO

Como ambos os sistemas de fachada leve utilizam núcleos incombustíveis (lã de vidro e lã de rocha), sua reação ao fogo depende apenas das características dos materiais utilizados nas superfícies interna e externa e, portanto, os resultados existentes para os sistemas originais se aplicam.

A classe de reação ao fogo da chapa de fechamento externo de fibrocimento é II-A (combustível, índice de propagação de chamas igual a 0, densidade óptica de fumaça igual a 10). A classe de reação ao fogo da chapa de fechamento externo de gesso é I (incombustível). A chapa de fechamento interno de drywall RF é classificada como II-A. Portanto, elas atendem ao requisito de reação ao fogo para ambientes internos e externos da ABNT NBR 15575-4.

4.2.2. RESISTÊNCIA AO FOGO

A análise do atendimento ao requisito de resistência ao fogo das novas configurações de fachada, considerando-se os resultados de desempenho das configurações originais, é apresentada na Tabela 5. Como referência, foram adotados apenas os resultados de

ensaio de resistência ao fogo da fachada Nextera com chapa cimentícia infill, pois o resultado da fachada Nextera com chapa Glasroc X cortina refere-se à configuração com a parede interna desvinculada da parede externa, que não se repete nas novas configurações dos sistemas de fachada leve. Entende-se que é possível adotar esses resultados mesmo quando a fachada possui o fechamento externo com chapas Glasroc X, pois trata-se de uma chapa de gesso com uma maior espessura que a chapa de fibrocimento, o que, em princípio, é favorável do ponto de vista de comportamento ao fogo.

Tabela 5 – Análise do atendimento das novas configurações de fachada ao requisito de resistência ao fogo

NEXTERA COM CHAPA CIMENTÍCIA	CONFIGURAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA RESULTADOS DE DESEMPENHO	NOVA CONFIGURAÇÃO	ANÁLISE
TRRF 90 min	Nextera com chapa cimentícia infill: menor seção transversal, com fechamento externo de chapa de fibrocimento (10 mm) + lâ de vidro de 10 kg/m ³ (100 mm, mas instalada com 90 mm) + duas chapas drywall RF (15 mm cada). Montantes a cada 400 mm na configuração infill (RT 1 096 074-203).	Nextera com chapa cimentícia cortina: menor seção transversal, com fechamento externo de chapa de fibrocimento (10 mm) + lâ de vidro de 10 kg/m ³ (100 mm, mas instalada com 90 mm) + duas chapas drywall RF (15 mm cada). Montantes a cada 400 mm na configuração cortina.	A composição da parede original, que apresentou TRRF de 90 min, se mantém na nova configuração, alterando-se apenas a vinculação dos perfis metálicos à estrutura do edifício. A vinculação dos perfis na nova configuração (cortina) foi utilizada nos ensaios de resistência ao fogo do sistema Nextera de fachada leve com chapa Glasroc X, em apresentar deformação excessiva dos perfis (com bloqueador nos montantes de extremidade e fita à meia altura). Portanto, os resultados permitem afirmar que a nova configuração atende potencialmente ao TRRF de 90 min.
TRRF 120 min	Nextera com chapa cimentícia infill: menor seção transversal, com fechamento externo de chapa de fibrocimento (10 mm) + lâ de rocha de 48 kg/m ³ (2 x 51 mm, mas instalada com 90 mm) + duas chapas drywall RF (15 mm cada). Montantes a cada 400 mm na configuração infill (RT 1 105 184-203).	Nextera com chapa cimentícia cortina: menor seção transversal, com fechamento externo de chapa de fibrocimento (10 mm) + lâ de rocha de 48 kg/m ³ (2 x 51 mm, mas instalada com 90 mm) + duas chapas drywall RF (15 mm cada). Montantes a cada 400 mm na configuração cortina.	A composição da parede original, que apresentou TRRF de 120 min, se mantém na nova configuração, alterando-se apenas a vinculação dos perfis metálicos à estrutura do edifício. A vinculação dos perfis na nova configuração (cortina) foi utilizada nos ensaios de resistência ao fogo do sistema Nextera de fachada leve com chapa Glasroc X, sem apresentar deformação excessiva dos perfis (com bloqueador nos montantes de extremidade e fita à meia altura). Portanto, os resultados permitem afirmar que a nova configuração atende potencialmente ao TRRF de 120 min.
TRRF 120 min	Nextera com chapa cimentícia infill: menor seção transversal, com fechamento externo de chapa de fibrocimento (10 mm) + lâ de vidro de 10 kg/m ³ (100 mm, mas instalada com 90 mm) + três chapas drywall RF (15 mm cada). Montantes a cada 400 mm na configuração infill (RT 1 103 711-203).	Nextera com chapa cimentícia cortina: menor seção transversal, com fechamento externo de chapa de fibrocimento (10 mm) + lâ de vidro de 10 kg/m ³ (100 mm, mas instalada com 90 mm) + três chapas drywall RF (15 mm cada). Montantes a cada 400 mm na configuração cortina.	A composição da parede original, que apresentou TRRF de 120 min, se mantém na nova configuração, alterando-se apenas a vinculação dos perfis metálicos à estrutura do edifício. A vinculação dos perfis na nova configuração (cortina) foi utilizada nos ensaios de resistência ao fogo do sistema Nextera de fachada leve com chapa Glasroc X, sem apresentar deformação excessiva dos perfis (com bloqueador nos montantes de extremidade e fita à meia altura). Portanto, os resultados permitem afirmar que a nova configuração atende potencialmente ao TRRF de 120 min.

NEXTERA COM CHAPA GLASROC X	CONFIGURAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA RESULTADOS DE DESEMPENHO	NOVA CONFIGURAÇÃO	ANÁLISE
TRRF 90 min	Nextera com chapa cimentícia infill: menor seção transversal, com fechamento externo de chapa de fibrocimento (10 mm) + lâ de vidro de 10 kg/m ³ (100 mm, mas instalada com 90 mm) + duas chapas drywall RF (15 mm cada). Montantes a cada 400 mm na configuração infill.	Nextera com chapa Glasroc X infill: menor seção transversal, com fechamento externo de chapa de gesso (12,5 mm) + lâ de vidro de 10 kg/m ³ (100 mm, mas instalada com 90 mm) + duas chapas drywall RF (15 mm cada). Montantes a cada 600 mm na configuração infill.	A nova configuração é semelhante à configuração original do sistema Nextera com chapa cimentícia para TRRF de 90 min, a menos da chapa de fechamento externo (gesso ao invés de fibrocimento) e do espaçamento entre montantes (maior). Entende-se que a chapa de gesso tende a ter melhor comportamento. Os montantes espaçados em 600 mm foram testados na configuração cortina e não apresentaram deformação excessiva (RT 1109 821-203). Portanto, os resultados permitem afirmar que a nova configuração atende potencialmente ao TRRF de 90 min.
TRRF 120 min	Nextera com chapa cimentícia infill: menor seção transversal, com fechamento externo de chapa de fibrocimento (10 mm) + lâ de rocha de 48 kg/m ³ (2 x 51 mm, mas instalada com 90 mm) + duas chapas drywall RF (15 mm cada). Montantes a cada 400 mm na configuração infill (RT 1105 184-203).	Nextera com chapa Glasroc X infill: menor seção transversal, com fechamento externo de chapa de gesso (12,5 mm) + lâ de rocha de 48 kg/m ³ (2 x 51 mm, mas instalada com 90 mm) + duas chapas drywall RF (15 mm cada). Montantes a cada 600 mm na configuração infill.	A nova configuração é semelhante à configuração original do sistema Nextera com chapa cimentícia para TRRF de 120 min (com duas chapas RF), a menos da chapa de fechamento externo (gesso ao invés de fibrocimento) e do espaçamento entre montantes (maior). Entende-se que a chapa de gesso tende a ter melhor comportamento. Os montantes espaçados em 600 mm foram testados na configuração cortina e não apresentaram deformação excessiva. Portanto, os resultados permitem afirmar que a nova configuração atende potencialmente ao TRRF de 120 min.
TRRF 120 min	Nextera com chapa cimentícia infill: menor seção transversal, com fechamento externo de chapa de fibrocimento (10 mm) + lâ de vidro de 10 kg/m ³ (100 mm, mas instalada com 90 mm) + três chapas drywall RF (15 mm cada). Montantes a cada 400 mm na configuração infill (RT 1103 711-203).	Nextera com chapa Glasroc X infill: menor seção transversal; com fechamento externo de chapa de gesso (12,5 mm) + lâ de vidro de 10 kg/m ³ (100 mm, mas instalada com 90 mm) + três chapas drywall RF (15 mm cada). Montantes a cada 600 mm na configuração infill.	A nova configuração é semelhante à configuração original do sistema Nextera com chapa cimentícia para TRRF de 120 min (com três chapas RF), a menos da chapa de fechamento externo (gesso ao invés de fibrocimento) e do espaçamento entre montantes (maior). Entende-se que a chapa de gesso tende a ter melhor comportamento. Os montantes espaçados em 600 mm foram testados na configuração cortina e não apresentaram deformação excessiva. Portanto, os resultados permitem afirmar que a nova configuração atende potencialmente ao TRRF de 120 min.

4.2.3. COMPARTIMENTAÇÃO VERTICAL

Os elementos de compartimentação vertical (firestop) propostos para a fachada infill e para a fachada cortina foram testados nos ensaios de resistência ao fogo dos sistemas de fachada leve em suas configurações originais, uma vez que os corpos de prova reproduziram a vinculação dos perfis à estrutura do edifício no pórtico de ensaio, mantendo o espaço no qual o firestop é instalado. Ambos se mantiveram estanques ao fogo e a gases quentes por 120 min.

Deve-se manter o firestop conforme a vinculação de perfis, ou seja, lâ de rocha de 144 kg/m³ e selante intumescente para o sistema Nextera com chapa cimentícia cortina; e lâ mineral estruturada de 66 kg/m³ para o sistema Nextera com chapa Glasroc X infill. Em ambos os casos, é fundamental que o firestop preencha todo o vão entre a estrutura do edifício e a face interna da chapa de fechamento externo.

4.3. ESTANQUEIDADE

4.3.1. ESTANQUEIDADE À ÁGUA DE CHUVA, CONSIDERANDO-SE A AÇÃO DO VENTO

A estanqueidade à água de chuva com ação do vento depende predominantemente das características do revestimento externo (basecoat), da chapa de fechamento externo, do tratamento de juntas entre chapas e da barreira contra a água. Também pode haver influência do espaçamento entre montantes, que afeta a deformação da chapa de fechamento externo sob ação do vento. Como os conjuntos formado por esses componentes se mantêm, assim como o espaçamento entre montantes para cada uma das chapas (400 mm para chapa de fibrocimento; e 600 mm para chapa de gesso), os resultados de desempenho existentes aplicam-se aos novos sistemas. Ambos os sistemas de fachada leve em suas configurações originais atenderam ao requisito de estanqueidade à água de chuva, para a pressão de 500 Pa.

Além disso, alguns detalhes construtivos são importantes para um desempenho adequado frente à ação da água de chuva, tais como:

Platibanda: especificação de rufo para evitar infiltração pelo topo da parede.

Interface entre parede e telhado: especificação de contrarrufos e calhas para evitar infiltração de água no ponto de contato entre parede e cobertura. **Interface entre parede e piso de varandas:** impermeabilização da base da parede, separação entre chapa de fechamento externo e piso, uso de selante, uso de pingadeira na viga de borda. **Interface entre parede e base da fachada (pavimento térreo) ou quaisquer outros pisos que possam acumular quantidade expressiva de água de chuva (ex.: cobertura em laje impermeabilizada):** uso de sóculo para evitar o contato da parede externa com o piso e elevar a placa de fechamento externo (evitando umidade ascensional e respingos de água de chuva), especificação de pingadeira para acabamento inferior da chapa de fechamento externo, proteção da borda inferior da chapa (sobretudo para chapa Glasroc X, pois não há véu de fibra de vidro nas bordas).

Juntas: uso de perfis para acabamento de juntas de fachada (juntas de controle e de movimentação), como perfis de PVC.

Esquadrias: envelopamento do vão da esquadria com barreira resistente à água, uso de perfil pingadeira para acabamento da chapa de fechamento externo na parte superior do vão de esquadria, uso de peitoril de material impermeável (ex.: chapa de aço) com pingadeira e reforço na impermeabilização do requadro do vão em caso de pingadeira de material não-impermeável (ex.: pedra natural), reforço na impermeabilização nos pontos de parafusamento de componentes, inclusive da fixação da própria esquadria.

Observa-se que os detalhes construtivos dos sistemas de fachada leve originais Nextera com chapa cimentícia e Nextera com chapa Glasroc X apresentam um potencial de desempenho adequado frente à ação da água de chuva. Recomenda-se que os detalhes construtivos de ambos os sistemas sejam revistos, tendo em vista as diferenças existentes nas vinculações dos perfis metálicos, para que não haja dúvidas quanto à execução do sistema e se evite a tomada de decisão em obra.

4.3.2. PERMEABILIDADE À ÁGUA DA FACE EXTERNA

A permeabilidade à água da face externa depende das características do revestimento externo (basecoat) e da chapa de fechamento externo. Como o conjunto formado por basecoat e chapa se mantém nas novas configurações de fachada, os resultados de desempenho existentes aplicam-se aos novos sistemas.

No ensaio feito com o basecoat bicomponente e a chapa de fibrocimento, sem acabamento, não houve infiltração de água (0 cm³ de infiltração), o que atende ao requisito de desempenho em questão.

4.3.3. UMIDADE DECORRENTE DA OCUPAÇÃO DO IMÓVEL

O desempenho dos sistemas de fachada leve frente à ação da umidade decorrente da ocupação do imóvel depende primordialmente dos detalhes construtivos, especificamente nos pontos onde haja maior risco de infiltração, ou seja, paredes em contato com áreas molháveis e molhadas. Nesses casos, recomenda-se impermeabilizar a base da parede, eventualmente com o uso de rodapé metálico, e o uso de chapas de fechamento interno resistentes à umidade e de acabamentos com baixa absorção de água.

4.3.4. PERMEABILIDADE DO AR

Ambos os sistemas construtivos, em princípio, são estanques ao ar, tendo em vista o envelopamento externo com a barreira resistente à água (Tyvek) e o tratamento de juntas, tanto na face externa quanto na face interna.

4.3.5. COMPORTAMENTO HIGROTÉRMICO

O comportamento higrotérmico dos sistemas de fachada leve em suas novas configurações (12 no total) foi simulado computacionalmente, e os resultados detalhados são apresentados no Relatório Técnico IPT nº 160 873-205. A análise dos resultados teve como enfoque a possibilidade de ocorrência de condensação intersticial entre as camadas que compõem o sistema de fachada leve e o teor de umidade atingido por cada uma das camadas.

De acordo com os resultados da simulação higrotérmica, o risco de ocorrência de condensação intersticial é muito baixo, pois a temperatura nas interfaces basecoat x placa resultou sempre superior à temperatura de ponto de orvalho. Com relação ao teor de umidade, observou-se que o basecoat do sistema Nextera de fachada com chapa Glasroc X permite a passagem de uma quantidade expressiva de umidade para a placa nos períodos mais úmidos, de maior incidência de chuva – comportamento que já havia sido observado na simulação higrotérmica realizada anteriormente para esse sistema. O basecoat do sistema Nextera de fachada com chapa

NEXTERA

cimentícia, por sua vez, se mostrou mais estanque, não permitindo a passagem da umidade e também permitindo a secagem do sistema de fachada leve, embora tenha uma permeabilidade ao vapor d'água baixa (basecoat do sistema Nextera com chapa cimentícia: $2,11.10^{-10}$ kg/(m².s.Pa), ou 3,7 US Perms; basecoat do sistema Nextera de fachada com chapa Glasroc X: $3,34.10^{-9}$ kg/(m².s.Pa), ou 58 US Perms). As variações nas camadas internas do sistema de fachada nas suas diferentes configurações – tipo de isolante e espessura total da parede, com ou sem presença de câmara de ar – não afetaram significativamente os resultados da simulação higrotérmica.

Considerando-se os resultados da simulação higrotérmica em conjunto com os resultados do ensaio de permeabilidade à água da face externa do sistema de fachada leve com basecoat com chapa Glasroc X, sugere-se a reformulação desse basecoat de modo a obter um melhor comportamento do mesmo frente à ação da água, muito embora a estanqueidade à água do sistema de fachada não dependa apenas do basecoat, uma vez que haverá obrigatoriamente a aplicação de uma camada de acabamento (por exemplo, textura acrílica) sobre o mesmo. Observa-se que nas simulações higrotérmicas não foram considerados os acabamentos e que, dependendo das características higrotérmicas do material de acabamento, sobretudo da face externa, o comportamento higrotérmico do conjunto pode ser alterado de forma significativa (por exemplo, aplicando-se uma tinta que não tenha permeabilidade ao vapor d'água e impeça a secagem do sistema de fachada). Recomenda-se a especificação de valores desejados das propriedades higrotérmicas dos materiais de acabamento para balizar sua seleção, visando a um comportamento higrotérmico adequado dos sistemas de fachada leve em questão.

Observa-se também que a simulação higrotérmica realizada considera o transporte de calor e umidade em condições ideais de uso do sistema de fachada, ou seja, sem falhas. Nessa condição, esse transporte consiste basicamente no transporte de umidade pela absorção de água por capilaridade dos materiais porosos (motivo pelo qual as características dos componentes da face externa ao Tyvek são determinantes) e na difusão de vapor d'água entre todas as camadas. Não se considera, por exemplo, a possibilidade de infiltração de água líquida no sistema através de fissuras ou algum tipo de vazamento. É importante resguardar que o sistema tenha capacidade de secagem caso seja submetido a esse tipo de intercorrência, e tomar medidas para que o risco de ocorrência desse tipo de falha seja minimizado ao longo da vida útil da fachada.

4.3.6. ESTANQUEIDADE – ANÁLISE GLOBAL

A estanqueidade à água dos sistemas de fachada leve em questão depende fortemente da execução adequada desses sistemas em obra, sem falhas que possam causar a infiltração indesejada de água. Ambos os sistemas possuem componentes que podem sofrer degradação caso sejam expostos à umidade por muito tempo, tais como os perfis metálicos, as chapas de gesso Glasroc X (sobretudo nas bordas em que não há o véu de fibra de vidro) e as chapas de drywall de fechamento interno. Ou seja, garantir a estanqueidade desses sistemas de fachada leve também é fundamental para que se atinja a vida útil de projeto da fachada.

4.4. DESEMPENHO ACÚSTICO

4.4.1. ISOLAÇÃO SONORA DA PAREDE

Nos resultados da simulação acústica são analisados o índice de redução sonora R , de R_w , C (coeficiente de correção para ruído rosado) e C_{tr} (coeficiente de correção para ruído de trânsito) – esses coeficientes devem ser subtraídos do valor de R_w para esses tipos de ruído, ou seja, quanto menor o seu valor, menor a correção a ser feita.

A configuração original de fachada infill, cujo resultado de isolamento sonora obtido em ensaio de laboratório foi de 51 (-3;-10) dB, é composta por duas chapas de drywall RF com 15 mm de espessura cada, lã de vidro de 10 kg/m³ com 90 mm de espessura, montantes com alma de 90 mm, espaçados a cada 400 mm, chapa de fibrocimento com 10 mm de espessura e basecoat com 3 mm de espessura. Essa configuração foi adotada como referência para a análise das novas configurações de fachada infill, com a troca da chapa de fibrocimento pela chapa de gesso e as opções de isolante e de tamanho de perfil metálico. Foram estudadas três configurações para a vedação: (1) lã de vidro e duas chapas RF, (2) lã de rocha e duas chapas RF e (3) lã de vidro com três chapas RF.

Na configuração (1) os valores de R_w e os índices de correção (C , C_{tr}) da fachada Nextera com chapa Glasroc X infill são muito próximos dos obtidos no ensaio da fachada infill original, haja vista que as únicas diferenças entre os sistemas de fachada analisados são o fechamento externo e o espaçamento entre montantes. Na configuração (2), com a utilização de lã de rocha e um espaço de ar de 100 mm, o ganho no valor de R_w pode chegar até 3 dB em relação à fachada infill original, havendo também ganhos nos valores de correção (C , C_{tr}).

Na configuração (3), com a utilização de lã de vidro, espaço de ar de 100 mm e chapa interna tripla, o ganho no valor de R_w pode chegar até 4 dB em relação à fachada infill original, havendo também um ganho nos valores de correção (C , C_{tr}). Tendo em vista que a fachada infill original atende potencialmente aos critérios de isolamento sonora estipulados na ABNT NBR 15575-4, considerando-se os valores obtidos em laboratório, e que as novas configurações de fachada infill apresentaram desempenho igual ou superior à fachada original, pode-se afirmar que as configurações de fachada leve Nextera com chapa Glasroc X infill potencialmente atendem ao requisito de desempenho de isolamento sonora.

No caso da fachada cortina, a configuração original, cujo resultado de isolamento sonora obtido em ensaio de laboratório foi de 60 (-2;-3) dB, é composta por duas chapas de drywall RF com 15 mm de espessura cada, fixas a montantes internos com 70 mm de espessura, espaçados em 600 mm; lã de rocha de 32 kg/m³, com 51 mm de espessura

entre os montantes internos, montantes externos de 90 mm, espaçados em 600 mm (camada de ar total de 100 mm de espessura); chapa de gesso reforçado com véu de fibra de vidro com 12,5 mm de espessura e basecoat com 3 mm de espessura. Essa configuração foi adotada como referência para a análise das novas configurações de fachada cortina, com a troca da chapa de gesso pela chapa de fibrocimento, o uso de apenas uma camada de montantes (nos quais são fixadas tanto as chapas internas quanto as externas) e as opções de isolante e de tamanho de perfil metálico. Foram estudadas três configurações para a vedação: (1) lã de vidro e duas chapas RF, (2) lã de rocha e duas chapas RF e (3) lã de vidro com três chapas RF.

O resultado de isolamento sonora para paredes cortina na configuração original, isto é, montantes desconectados da parede interna, atinge valores de isolamento sonora na ordem de 61 dB. Contudo, quando se utiliza montante único, observa-se uma perda de isolamento sonora na ordem de 6 a 7 dB. Observa-se também uma perda nos valores de correção (C, Ctr) em alguns casos. Apesar disso, os resultados de R_w permanecem superiores aos necessários para atendimento ao critério de isolamento sonora de paredes de fachada da ABNT NBR 15575-4. Portanto, pode-se afirmar que as configurações de fachada leve Nextera com chapa cimentícia cortina potencialmente atendem ao requisito de desempenho de isolamento sonora.

Observa-se que os ensaios de isolamento sonora realizados em laboratório e utilizados como base para as simulações acústicas apresentadas neste relatório não conseguem reproduzir as condições reais de vinculação desses sistemas de fachada leve, sobretudo para a fachada cortina. Ao mesmo tempo, sabe-se que a isolamento sonora da fachada depende muito das suas condições de vinculação e da interface com outros elementos construtivos. Recomenda-se, portanto, a realização de ensaios de isolamento sonora em campo, a fim de verificar o nível de desempenho atingido, utilizando-se os detalhes construtivos e procedimentos de execução propostos para os sistemas de fachada em questão.

4.5. DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE

4.5.1. ESTANQUEIDADE ANTES E DEPOIS DE CICLOS DE CALOR E CHOQUE TÉRMICO

O comportamento dos sistemas de fachada leve com relação à estanqueidade antes e depois de ciclos de calor e choque térmico depende, sobretudo, das características técnicas do basecoat, da chapa de fechamento externo, do tratamento de juntas entre chapas e do espaçamento entre montantes. Como essas variáveis se mantêm nos sistemas de fachada leve em suas novas configurações, considera-se que os resultados de desempenho existentes se aplicam.

6. CONCLUSÃO

Os sistemas de fachada leve composto por chapas cimentícias e Glasroc X em suas novas configurações – sistema composto por chapa cimentícias cortina e Glasroc X infill – apresentam potencial de atendimento aos requisitos de desempenho aplicáveis a paredes externas (fachadas), para as configurações analisadas neste trabalho. Com relação à segurança estrutural, é necessário dimensionar a estrutura da fachada leve para cada edifício, incluindo a especificação do tamanho e espessura dos perfis metálicos, a posição dos perfis bloqueadores e fitas metálicas, e o tamanho e espaçamento das fixações da estrutura da fachada leve à estrutura do edifício.

A **Tabela 6** e a **Tabela 7** apresentam os resumos das avaliações de desempenho dos sistemas de fachada leve composto por chapas cimentícias cortina e Glasroc X infill respectivamente.

Tabela 6 – Quadro resumo da avaliação técnica de desempenho do sistema Nextera de fachada leve composto por chapas cimentícias na configuração cortina

REQUISITO	DESEMPENHO			OBSERVAÇÃO CONDIÇÃO OU RECOMENDAÇÃO
	SATISFATÓRIO	PARCIALMENTE SATISFATÓRIO	NÃO SATISFATÓRIO	
DESEMPENHO ESTRUTURAL				
Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço	✓	-	-	(1)
Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas	✓	-	-	(2)
Resistência a cargas pontuais externas	✓	-	-	-
Resistência a impactos de corpo mole	-	✓	-	-
Resistência a impactos de corpo duro	✓	-	-	-
Cargas de ocupação incidentes em parapeitos sob janelas	✓	-	-	-
Resistência de aderência da argamassa ao substrato	✓	-	-	-
SEGURANÇA AO FOGO				
Reação ao fogo	✓	-	-	-
Resistência ao fogo	✓	-	-	(4)
Compartimentação vertical	✓	-	-	(4)
ESTANQUEIDADE À ÁGUA				

NEXTERA

Estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação do vento	✓	-	-	(5)
Permeabilidade à água da face externa	✓	-	-	-
Umidade decorrente da ocupação do imóvel	✓	-	-	-
Permeabilidade ao ar	✓	-	-	-
Comportamento higrotérmico da fachada	✓	-	-	-
DESEMPENHO ACÚSTICO				
Isolação sonora	✓	-	-	(6)
DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE				
Estanqueidade antes e depois de ciclos de calor e choque térmico	✓	-	-	(7)
Resistência de aderência da argamassa ao substrato depois de ciclos de calor e choque térmico	✓	-	-	-
Manutenibilidade	-	-	-	-

NOTAS:

- (1) Dimensionamento da estrutura da fachada leve e de suas fixações deve ser feito para cada edifício.
- (2) Avaliação válida para bucha BFX Toggler 3/16" e parafuso Ø 3/16" x 2 ½". Para fixação de dispositivo faceando a parede, o sistema suportou carga de até 4,2 kN (considerar o fator de segurança igual a 3).
- (3) Verificar configuração indicada para o Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) aplicável ao edifício.
- Dimensionamento da estrutura da fachada leve deve ser condizente.
- (4) Necessário uso de elemento corta-fogo constituído por lâ de rocha com densidade de 144 kg/m³ e selante elástico intumescente, instalado a cada pavimento entre a borda da laje e a chapa de fechamento externo.
- (5) Avaliada até a pressão de ensaio de 500 Pa. O sistema não tinha pintura ou textura acrílica, sendo ensaiado somente com o basecoat aplicado.
- (6) Resultados baseados em ensaios de laboratório e simulação acústica.
- (7) Atentar para regiões de juntas e sobreposição entre telas versus espessura do revestimento.

Tabela 7 – Quadro resumo da avaliação técnica de desempenho do sistema de fachada leve com chapa Glasroc X na configuração infill

REQUISITO	DESEMPENHO		NÃO SATISFATÓRIO	OBSERVAÇÃO CONDIÇÃO OU RECOMENDAÇÃO
	SATISFATÓRIO	PARCIALMENTE SATISFATÓRIO		
DESEMPENHO ESTRUTURAL				
Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço	✓	-	-	(1)
Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas	✓	-	-	(2)
Resistência a cargas pontuais externas	✓	-	-	-
Resistência a impactos de corpo mole	✓	-	-	-
Resistência a impactos de corpo duro	-	-	✓	-
SEGURANÇA AO FOGO				
Reação ao fogo	✓	-	-	-
Resistência ao fogo	✓	-	-	(3)
Compartimentação vertical	✓	-	-	(4)
ESTANQUEIDADE À ÁGUA				
Estanqueidade à água de chuva, considerando a ação do vento	✓	-	-	(5)
Permeabilidade à água da face externa	-	✓	-	(6)
Umidade decorrente da ocupação do imóvel	✓	-	-	-
Permeabilidade ao ar	✓	-	-	-
Comportamento higrotérmico da fachada	-	✓	-	(7)
DESEMPENHO ACÚSTICO				
Isolação sonora	✓	-	-	(8)

DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE				
Estanqueidade antes e depois de ciclos de calor e choque térmico	✓	-	-	-
Resistência de aderência da argamassa ao substrato depois de ciclos de calor e choque térmico	-	-	-	-
Análise da durabilidade dos componentes	-	✓	-	(9)
Manutenibilidade	-	-	-	-

NOTAS:

(1) Dimensionamento da estrutura da fachada leve e de suas fixações deve ser feito para cada edifício.

(2) Fixação de cargas na chapa de gesso Glasroc X com bucha SFORRTBOLT 1/4 20" e parafuso Ø 6,0mm x 68 mm. Para a mão-francesa padrão, o sistema suportou a carga de até 0,8 kN (considerar fator de segurança igual a 2). Para fixação de dispositivo faceando a parede,

o sistema suportou carga de até 2,25 kN (considerar o fator de segurança igual a 3).

(3) Verificar configuração indicada para o Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) aplicável ao edifício.

Dimensionamento da estrutura da fachada leve deve ser condizente.

(4) Necessário uso de elemento corta-fogo constituído por lâ de rocha estruturada com densidade de 66 kg/m³, instalado a cada pavimento entre a borda da laje e a chapa de fechamento externo.

(5) Avaliada até a pressão de ensaio de 500 Pa. O sistema não tinha pintura ou textura acrílica, sendo ensaiado somente com o basecoat aplicado.

(6) Avaliado somente com o basecoat aplicado, sem a presença de pintura ou textura acrílica. Basecoat apresentou alta permeabilidade

à água. Por isso, é importante que o sistema de acabamento (pintura ou outro) a ser aplicado seja impermeável à água e permeável ao vapor d'água.

(7) Basecoat permitiu umedecimento da chapa Glasroc X por um período de tempo limitado ao longo do ano. Por isso, é importante que o sistema de acabamento (pintura ou outro) a ser aplicado seja impermeável à água e permeável ao vapor d'água.

(8) Resultados baseados em ensaios de laboratório e simulação acústica.

(9) Necessário especificar a resistência à corrosão dos chumbadores, considerando-se a condição de exposição de cada empreendimento.

**Fique por dentro de todas
as novidades de Nextera:**



 Quartzolit
 quartzolit
 quartzolit
 quartzolit
 quartzolit
 quartzolit
www.quartzolit.com.br

 placodobrasil
 placodobrasil
 placodobrasil
 placodobrasil
www.placo.com.br

 brasilitoficial
 brasilit
 saintgobainbrasilit
 brasilit
www.brasilit.com.br

 isoverBR
 isoverbrasil
 Isover Brasil
 isover-saint-gobain-brasil
www.isover.com.br