

TECNOLOGIAS DE VEDAÇÃO E REVESTIMENTO PARA FACHADAS

- Contextualização

Este manual tem o objetivo principal de orientar profissionais de arquitetura e técnicos da área de construção a respeito das novas tecnologias disponíveis para a vedação externa de edifícios.

O CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço) procura com este manual estimular a especificação e o projeto de fachadas que utilizem soluções construtivas diferentes daquelas tradicionais com alvenarias e revestimentos aderidos convencionais. As tecnologias contempladas neste manual, já são largamente utilizadas em outros países e finalmente vêm encontrando um cenário da construção nacional mais aberto e com maior possibilidade de viabilidade, tanto técnica como econômica.

São discutidas cinco diferentes tipologias para a vedação de fachadas, a saber:

- Estruturas leves de aço (*light steel framing* – LSF);
- Painéis metálicos isolantes para vedação de fachadas – PMI;
- Painéis pré-fabricados de concreto para vedação de fachadas – PFC;
- Sistemas de vedação de fachadas com vidro – FDV;
- Sistemas de revestimento cortina ou ventilado – RCV.

Todas estas soluções já estão em uso no Brasil, ainda que algumas de forma incipiente. Em comum apresentam como principal característica o fato de serem comercializadas como uma solução construtiva, onde materiais, especificação, projeto e montagem são fornecidos em conjunto, ainda que não necessariamente por uma única empresa.

Um aspecto relevante no âmbito do manual são as soluções para a compatibilização das estruturas de aço e seus respectivos sistemas construtivos. Acredita-se que é esta integração na etapa de projeto, execução e operação que pode tornar as edificações no Brasil mais rápidas e eficientes.

Ao difundir estas tecnologias, suas melhores práticas, critérios de especificações e projeto, o CBCA espera colaborar para a modernização da construção civil brasileira.

- A importância dos sistemas de vedação de fachada

A fachada ocupa uma posição de destaque no projeto e construção de um edifício. Além de ser a parte mais importante para proteção das edificações frente aos agentes externos, ela é um elemento chave para definir a estética, tendo participação significativa nos custos da obra.

Em levantamento realizado com base nos dados publicados pelo GUIA DA CONSTRUÇÃO (PINI, 2013a; PINI, 2013b) as vedações externas dos edifícios, incluindo paredes de alvenaria, esquadrias com vidro e revestimentos convencionais aderidos, representam entre 9 a 13 % do custo total de uma edificação no Brasil. Já quando se trata de obras com vedações e revestimentos não convencionais tem-se uma amplitude maior de valores em função da tipologia utilizada, com valores entre 4 e 15 %.

O desempenho das vedações de fachada ganhou ainda mais importância devido a maior conscientização da importância de sua participação no conforto térmico da edificação, aliada à necessidade de se construir edifícios cada vez mais sustentáveis. À medida que as edificações ficam mais altas, mais expostas ficam suas fachadas, e maior deve ser a preocupação com esse requisito de desempenho do ponto de vista da vedação vertical.

- Tipologia dos sistemas de vedação para fachadas

As vedações externas ou de fachadas são assim designadas por não terem função estrutural, ou seja, não fazem parte da estrutura principal do edifício.

Não obstante, elas precisam ser dimensionadas para resistir aos esforços resultantes

da ação do vento, de cargas acidentais e de seu peso próprio, transmitindo-as à estrutura.

Em termos gerais pode-se dizer que existem três tipologias distintas de soluções construtivas para a vedação e revestimento de fachadas de edifícios, a saber:

a) alvenaria de vedação e revestimento aderido com substrato de argamassa;

b) alvenaria ou divisória leve de vedação com revestimento tipo cortina ou ventilado (conhecido em inglês como *rain screen wall*);

c) fachada cortina e seus subtipos como painéis de concreto, LSF com placas cimentícias, pele de vidro, *structural glazing* e módulos de vidro unitizados.

Este manual dedica-se aos dois últimos tipos e traz informações básicas para seu entendimento e especificação em projeto.

Os revestimentos tipo cortina ou ventilado não constituem uma vedação completa e por isso precisam ser combinados com parede de alvenaria ou outra divisória. Os materiais mais comuns utilizados para estes revestimentos são as placas de granito, os painéis de ACM (*aluminum composite material*) e os painéis cerâmicos extrudados ou prensados.

Nestes tipos de soluções construtivas de fachada as placas ou painéis de revestimento ficam normalmente afastados alguns centímetros da vedação principal e são fixados por meio de subestruturas metálicas como mostra o capítulo 6.

As fachadas do tipo cortina, por sua vez, podem ser projetadas para ter função tanto de revestimento como de vedação externa principal da edificação, muito embora o termo seja empregado de modo genérico para designar uma série de diferentes tecnologias construtivas como aquelas apresentadas nos capítulos 2, 3, 4 e 5. Estas fachadas empregam subestruturas ancoradas à estrutura principal do edifício que geralmente são engastadas apenas em um ponto a cada trecho, se assemelhando, portanto, a uma cortina convencional usada para bloquear a luz em janelas, derivando assim o termo – fachadas cortina. (PATTERSON, 2011)

Sendo essencialmente uma vedação externa, as fachadas cortinas precisam ser estanques ao ar e à água, além de funcionar com uma barreira para reter o calor e o som de acordo com as necessidades requeridas no projeto.

Para qualquer tipo de solução de fachada, seja vedação ou revestimento, é necessário considerar a capacidade de acomodar as deflexões, expansão e contração térmicas, deslocamentos relativos entre os pavimentos e oscilações dos edifícios causados pelo vento e cargas sísmicas, sendo necessário considerar estas ações de modo local e global.

Outros critérios importantes de desempenho como o conforto lumínico, térmico e acústico, bem como a resistência ao fogo e a segurança contra invasão e explosões devem ainda ser considerados de acordo com os requisitos estabelecidos para o projeto ou normalização específica. Estes últimos são itens quase sempre determinantes em projeto na Europa, nos EUA e na Ásia.

Todos estes aspectos têm transformado os projetos de fachada, independente do material em uso, em soluções construtivas customizadas e não apenas de aplicação de sistemas construtivos padronizados.

Para facilitar o leitor no que se refere à comparação entre as diversas soluções construtivas aqui tratadas, apresenta-se no final deste manual uma tabela comparativa de fatores impactantes no custo final dos sistemas de vedação e revestimento. Para tanto o impacto nos custos é avaliado de forma qualitativa e relativa, tendo como referência uma média presumida de influência de cada fator, seja no custo final do sistema, seja no custo global da obra. Os fatores considerados na tabela comparativa são:

- Impacto na logística da obra;
- Necessidade de equipamento;
- Nível de pré-montagem;
- Velocidade de montagem;
- Viabilidade de ajustes durante a montagem;
- Terminalidade;

- Necessidade de acabamento final;
- Incremento de desempenho acústico;
- Incremento de desempenho térmico;
- Incremento de segurança contra incêndio;
- Incremento em durabilidade;
- Manutenibilidade;
- Cadeia Produtiva;
- Contrato e responsabilidade técnica;
- Estimativa de preço (R\$/m²).

- Soluções construtivas de fachadas para estruturas de aço

A maioria das soluções de vedações externas de fachada de que trata este manual podem ser utilizadas em edifícios concebidos para serem construídos com qualquer tipo de estrutura portante, como os reticulados de concreto armado ou metálicos.

A maior parte das soluções industrializadas de fachada requer apenas pontos de ancoragem ao longo da altura do edifício. As fachadas cortinas unitizadas, por exemplo, são fixadas nas bordas das lajes de concreto e conseguem vencer os pés-direitos típicos de projeto sem apoio intermediário. Na prática, todas as demais tipologias podem ser projetadas para serem ancoradas às lajes de concreto ou vigas de aço ou concreto.

Às estruturas de aço, em particular, acrescenta-se a maior facilidade para o detalhamento das ligações entre a subestrutura do sistema de fachada e os elementos da estrutura principal, contribuindo para agilizar a obra e reduzir custos.

Ao longo dos capítulos são apresentados os detalhes e discutidas as ligações para cada uma das tecnologias apresentadas.

- Desempenho das vedações de fachada segundo a NBR 15.575

O desempenho de uma edificação ou de suas partes pode ser caracterizado como uma relação entre seu comportamento quando em uso e operação frente às condições de

exposição e o comportamento esperado por seus usuários, levando em consideração às necessidades humanas em relação ao uso da edificação.

O Brasil conta desde 2013 com uma norma que visa adequar as novas edificações aos requisitos de desempenho esperados. Trata-se da NBR 15.575 (ABNT, 2013), que apesar de ser específica para edificações habitacionais, pode ser tomada como referência para uma análise geral do desempenho dos sistemas de fachada discutidos no âmbito deste manual.

Como estes sistemas têm a função de vedar externamente a edificação, a parte 4 da NBR 15.575, que trata dos requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, é a mais aplicável para a abordagem pretendida neste manual.

Esta norma abrange a maior parte dos requisitos necessários ao projeto de uma solução de fachada, embora critérios específicos exigidos a cada sistema ou material não sejam contemplados. Ou seja, trata-se de um texto de orientação geral e assim deve ser considerado.

Ao longo dos capítulos dedicados a cada assunto serão consideradas outras normas específicas de acordo com o material ou sistema empregado.

- Desempenho estrutural

Tanto os revestimentos como as fachadas tipo cortina contam com subestrutura que serve especificamente para resistir ao seu peso próprio e a ações externas como vento, abalos sísmicos, bem como aos efeitos da dilatação térmica dos perfis que a compõem.

Os sistemas de vedação devem atender aos requisitos dispostos na NBR 15.575, que prevê as resistências ao impacto (lado interno e externo) e de cargas suspensas (lado interno).

A Tabela 1.1 mostra as exigências da NBR 15.575 para impactos de corpo mole para vedações verticais externas de edifícios com mais de um pavimento.

A Tabela 1.2 apresenta, por sua vez, as

exigências da NBR 15.575 para impactos de corpo duro para vedações verticais externas de edifícios com mais de um pavimento.

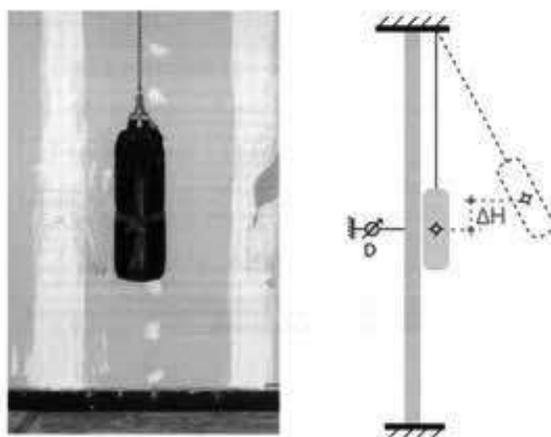


Figura 1.1. Representação do ensaio de impacto de corpo mole transmitido por um saco de couro com massa de 40 kgf projetado contra a vedação. (CBIC, 2013).

Tabela 1.1. Exigências da NBR 15.575 para impactos de corpo mole para vedações verticais externas. Tabela 3 da NBR 15.575. (ABNT, 2013b)

Elemento	Impacto	Energia de impacto de corpo mole J	Crítérios de desempenho
Vedações verticais sem função estrutural, constituídas por elementos leves ($G < 60 \text{ kg/m}^2$)	Impactos externos (acesso externo do público; normalmente andar térreo)	720	Não ocorrência de ruína (estado-limite último)
		360	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço)
		240	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/62,5$; $d_{hr} \leq h/625$
Revestimento interno ou face interna das vedações verticais externas em multicamadas ^a (impactos internos)		120	Não ocorrência de ruína (estado-limite último) São permitidas falhas localizadas
		60	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço) Limitação da ocorrência de deslocamento: $d_h \leq h/125$; $d_{hr} \leq h/625$

^a Está sendo considerado neste caso que o revestimento interno da parede de fachada multicamada não é parte integrante da estrutura da parede, nem componente de contraventamento, e que os materiais de revestimento empregados são de fácil reposição pelo usuário. Desde que não haja comprometimento à segurança e à estanqueidade, podem ser adotados, somente para os impactos no revestimento interno, os critérios previstos na ABNT NBR 11681, considerando $E = 60 \text{ J}$, para não ocorrência de falhas, e $E = 120 \text{ J}$, para não ocorrência de rupturas localizadas. No caso de impacto entre montantes, ou seja, entre componentes da estrutura, o componente de vedação deve ser considerado sem função estrutural.

Tabela 1.2. Exigências da NBR 15.575 para impactos de corpo duro para vedações verticais externas. Tabela 7 da NBR 15.575. (ABNT, 2013b)

Sistema	Impacto	Energia de impacto de corpo duro J	Crítérios de desempenho
Vedação vertical com ou sem função estrutural	Impacto externo (acesso externo do público)	3,75	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado-limite de serviço
		20	Não ocorrência de ruína, caracterizada por ruptura ou traspassamento (estado-limite último)
	Impacto interno (todos os pavimentos)	2,5	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado-limite de serviço
		10	Não ocorrência de ruína, caracterizada por ruptura ou traspassamento (estado-limite último)

As vedações externas da edificação devem resistir também à ação de cargas devido a peças suspensas sem apresentar fissuras, deslocamentos horizontais instantâneos ou deslocamentos horizontais residuais, lascamentos ou rupturas, nem permitir o arrancamento dos dispositivos de fixação ou seu esmagamento. A Tabela 1.3 resume os requisitos da norma e os níveis de desempenho que devem ser obtidos.

Tabela 1.3. Cargas de ensaio e critérios para peças suspensas fixadas por mão-francesa padrão. Tabela 2 da NBR 15.575. (ABNT, 2013b)

Carga de ensaio aplicada em cada ponto kN	Carga de ensaio aplicada em cada peça, considerando dois pontos kN	Crítérios de desempenho
0,4	0,8	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado-limite de serviço Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/500$ $d_{hr} \leq h/2\ 500$
Legenda		
h altura do elemento parede		
d_h o deslocamento horizontal instantâneo		
d_{hr} o deslocamento horizontal residual		

- Desempenho acústico

Com o crescimento das cidades a poluição sonora tornou-se um grave problema. Além de causar danos à saúde, níveis de ruídos acima do recomendável pela Organização Mundial da Saúde (OMH) provocam desconcentração e irritabilidade, comprometendo o rendimento do trabalho e o sono.

Assim, as soluções construtivas para fachada são cada vez mais exigidas sob este ponto de vista, sendo necessário determinar seu desempenho acústico. Nesta avaliação deve-se considerar não somente a absorção acústica da vedação em si, mas considerar a influência das esquadrias no todo. Quando existem frestas que permitem que o ar passe, o desempenho acústico também fica comprometido. (ABRAVIDRO, 2013).

A redução da transmissão do som proporcionada por uma barreira sonora é chamada de perda de transmissão sonora. Ela é a diferença em decibéis entre a energia acústica que incide sobre o paramento externo da vedação e a transmitida através dele. Quanto mais eficaz é o isolamento acústico oferecido pelo material, maior é a redução.

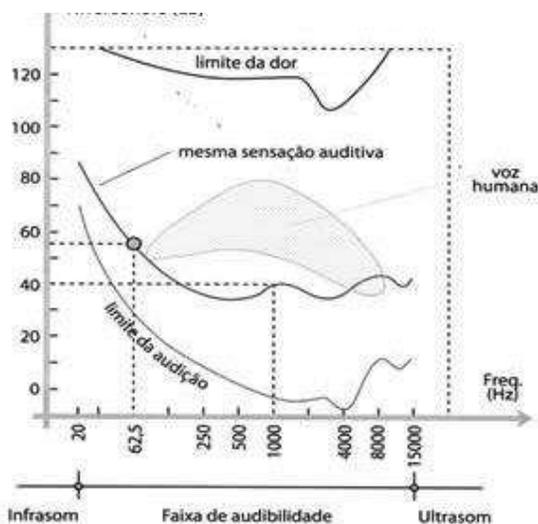


Figura 1.2. Intensidades sonoras percebidas pelo ouvido humano. (CBIC, 2013)

As vedações externas devem ser projetadas para atender aos critérios estabelecidos na NBR 15.575 e executados de modo que este desempenho não se altere com o tempo. No caso das soluções de fachada que atuam como revestimento e não como vedação vertical do edifício, a exemplo das fachadas cortinas com placas cerâmicas, granito e ACM, são ainda as paredes externas que têm esta responsabilidade primordial.

Tabela 1.4. Índice de redução sonora ponderado, R_w , de fachadas, de acordo com a NBR 15.575. (ABNT, 2013b)

Classe de ruído	Localização da habitação	R_w dB ^a	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 35	M
		≥ 40	I
		≥ 45	S

NOTA Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ($D_{nT,w}$ e $D_{2m,nT,w}$) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório (R_w). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (ver ISO 15712 e EN 12354).
^a R_w com valores aproximados

Em seu Anexo F, a NBR 15.575:4 apresenta os valores de referência R_w (Tabela 1.4), obtidos em ensaios de laboratório, que as vedações externas para habitações devem atender.

- Desempenho térmico

As soluções de revestimento e vedação devem apresentar valores de transmitância térmica e capacidade térmica que proporcionem desempenho de modo a satisfazer as condições mínimas estabelecidas pela NBR 15.575 para cada zona bioclimática. As vedações podem ser avaliadas primeiramente considerando o procedimento simplificado de análise previsto na norma. Caso os resultados não atendam aos critérios analisados conforme o procedimento simplificado, deve-se aplicar o procedimento de simulação do desempenho térmico ou o procedimento de realização de medições em campo.

Introdução

Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) das paredes externas são apresentados na Tabela 1.5. Os valores mínimos admissíveis para a capacidade térmica (CT) das paredes externas também são prescritos nesta norma e devem atender aos valores da Tabela 1.6. Para o procedimento simplificado as vedações leves costumam não atender aos valores desta tabela e, por isso, a recomendação é proceder à simulação de desempenho térmico ou realização de medições em campo.

Tabela 1.5. Transmitância térmica de paredes externas de acordo com a NBR 15.575. Tabela 13 da NBR 15.575. (ABNT, 2013b)

Transmitância térmica U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	α ^a ≤ 0,6	α ^a > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5

^a α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

Tabela 1.6. Capacidade térmica de paredes externas de acordo com a NBR 15.575. Tabela 14 da NBR 15.575. (ABNT, 2013b)

Capacidade térmica (CT) kJ/m ² .K	
Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	Zona 8
≥ 130	Sem requisito

- Segurança contra incêndio

As vedações de fachada devem dificultar a ocorrência da inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio e não gerar fumaça excessiva capaz de impedir a fuga dos ocupantes em situações de incêndio.

Os materiais empregados são classificados como I, II A ou III A como mostra a Tabela 1.7, reproduzida da NBR 15.575.

Tabela 1.7. Classificação dos materiais de acordo com o método previsto na NBR 15.575. Tabela 9 da NBR 15.575. (ABNT, 2013b)

Classe	Método de ensaio		
	ISO 1182	ABNT NBR 9442	ASTM E662
I	Incombustível ΔT ≤ 30 °C; Δm ≤ 50 %; t _f ≤ 10 s	-	-
II	A	Combustível I _p ≤ 25	D _m ≤ 450
	B	Combustível I _p ≤ 25	D _m > 450
III	A	Combustível 25 < I _p ≤ 75	D _m ≤ 450
	B	Combustível 25 < I _p ≤ 75	D _m > 450
IV	A	Combustível 75 < I _p ≤ 150	D _m ≤ 450
	B	Combustível 75 < I _p ≤ 150	D _m > 450
V	A	Combustível 150 < I _p ≤ 400	D _m ≤ 450
	B	Combustível 150 < I _p ≤ 400	D _m > 450
VI	Combustível	I _p > 400	-

Legenda:
I_p – Índice de propagação superficial de chama.
D_m – Densidade específica óptica máxima de fumaça.
Δm – Variação da massa do corpo de prova.
t_f – Tempo de flamejamento do corpo de prova.
ΔT – Variação da temperatura no interior do forno.

Os sistemas ou elementos das fachadas devem atender ainda a NBR 14.432. Esta norma define os TRRF - Tempo Requerido de Resistência ao Fogo dos elementos das vedações considerando inclusive a altura e tipo de edificação. Estes valores também são considerados nas Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros de várias cidades, conforme reproduzido a seguir. (PMSP, 2011)

Tabela 1.8 - Tempo Requerido de Resistência ao Fogo, de acordo com o tipo de ocupação e características da edificação. Reprodução da NBR 14.432. (ABNT, 2000)

Grupo	Ocupação/Use	Divisão	Profundidade do Subsolo hs		Altura da edificação h					
			Classe S ₁ hs > 10m	Classe S ₂ hs ≤ 10m	Classe P ₁ h ≤ 6m	Classe P ₂ 6m < h ≤ 12m	Classe P ₃ 12m < h ≤ 23m	Classe P ₄ 23m < h ≤ 30m	Classe P ₅ 30m < h ≤ 80m	h > 80m
A	Residencial	A-1 a A-3	90	60	30	30	60	90	120	CT
B	Serviços de hospedagem	B-1 e B-2	90	60	30	60	60	90	120	CT
C	Comercial varejista	C-1	90	60	60	60	60	90	120	CT
		C-2 e C-3	90	60	60	60	60	90	120	CT
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60	30	60	60	90	120	CT
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60	30	30	60	90	120	CT
F	Locais de reunião de público	F-1, F-2, F-5, F-6, F-8 e F-10	90	60	60	60	60	90	120	CT
		F-3, F-4 e F-7	90	60	ver item A2.3.4.		30	60	CT	CT
		F-9	CT							
G	Serviços automotivos	G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-5	90	60	30	60	60	90	120	CT
		G-1 e G-2 abertos lateralmente	90	60	30	30	30	30	60	120
H	Serviços de saúde e institucionais	H-1 e H-4	90	60	30	60	60	90	120	CT
		H-2, H-3 e H-5	90	60	30	60	60	90	120	CT
I	Industrial	I-1	90	60	30	30	30	60	120	CT
		I-2	120	90	30	30	60	90	120	CT
		I-3	120	90	60	60	90	120	120	CT
J	Depósitos	J-1	60	30	ver item A2.3.5.		30	30	60	CT
		J-2	90	60	30	30	30	30	60	CT
		J-3	90	60	30	60	60	120	120	CT
		J-4	120	90	60	60	90	120	120	CT
L	Explosivos	L-1, L-2 e L-3	120	120	120	CT	CT			
M	Especial	M-1	150	150	150	CT				
		M-2	CT							
		M-3	120	90	90	90	120	CT		

NOTAS:

1. CT = Utilizar Comissão Técnica junto ao Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo
2. O TRAF dos subsolos não pode ser inferior ao TRRF dos pavimentos situados acima do solo (ver item 5.10)

Além de atender aos TRRF, as soluções de fachada devem ter elementos que dificultem a propagação vertical do incêndio pelo exterior dos edifícios.

Devem ser previstos o uso de selos corta-fogo e demais elementos construtivos corta-fogo/pára-chama de separação vertical entre pavimentos consecutivos.

Estes elementos devem promover a separação da vedação da fachada onde existir aberturas entre pavimentos consecutivos, podendo se constituir de vigas e/ou parapeito ou prolongamento dos entrepisos, além do alinhamento da fachada.

As fachadas com painéis pré-moldados devem ter seus elementos de fixação devida-

mente protegidos contra a ação do incêndio e as frestas com as vigas e/ou lajes devidamente seladas, de forma a garantir a resistência ao fogo do conjunto.

Para as fachadas-cortinas envidraçadas a IT nº09/2004 do Corpo de Bombeiros (PMSP, 2004) exige que sejam instalados parapeitos, vigas ou prolongamentos dos entrepisos.

A instrução explica que as frestas ou aberturas entre a "fachada-cortina" e os elementos de separação devem ser vedados com selos corta-fogo em todo perímetro; tais selos devem ser fixados aos elementos de separação de modo que sejam estruturalmente independentes dos caixilhos da fachada (Figura 1.3).

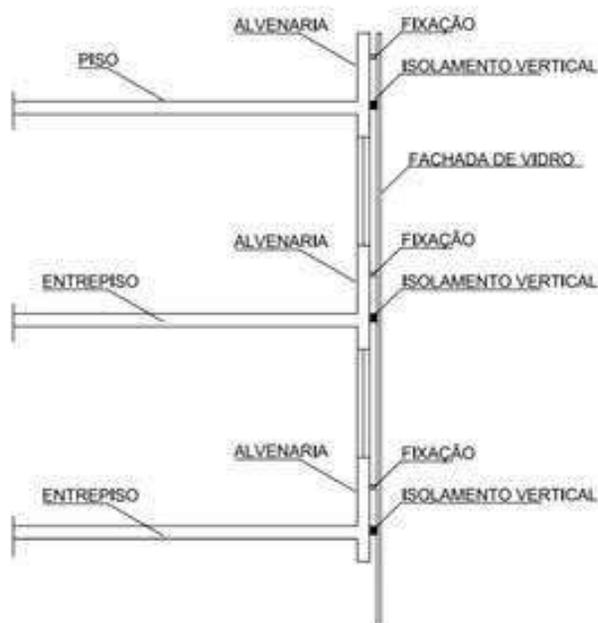


Figura 1.3- Compartimentação vertical exigida para fachadas cortinas exigidas pelo Corpo de Bombeiros da PMSP. (PMSP, 2004)

- Estanqueidade

Para as condições de exposição indicadas na Tabela 1.9, relacionadas com as regiões de exposição ao vento indicadas na Figura 1.4, os sistemas de fachada, incluindo as interfaces entre janelas e paredes, devem permanecer estanques ao ar e à água. Isso se faz necessário a fim de evitar infiltrações, que propiciariam a formação de borrifamentos, escorrimentos ou gotas de água aderentes na face interna, podendo haver possibilidade de ocorrência de pequenas manchas de umidade, estas com áreas máximas limitadas aos valores indicados na Tabela 1.10.

Tabela 1.9 - Condições de ensaio de estanqueidade à água de sistemas de vedações verticais externas. Tabela 11 da NBR 15.575. (ABNT, 2013b)

Região do Brasil	Condições de ensaio de paredes	
	Pressão estática Pa	Vazão de água L/min/m ²
I	10	3
II	20	
III	30	
IV	40	
V	50	

Tabela 1.10 - Estanqueidade à água de vedações verticais externas (fachadas) e esquadrias. Tabela 12 da NBR 15.575. (ABNT, 2013b)

Edificação	Tempo de ensaio h	Percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade na face oposta à incidência da água, em relação à área total do corpo de prova submetido à aspersão de água, ao final do ensaio
Térrea (somente a parede, seja com ou sem função estrutural)	7	10
Com mais de um pavimento (somente a parede, seja com ou sem função estrutural)	7	5
Esquadrias	Devem atender à ABNT NBR 10821-2	

O Anexo F contém recomendações relativas a outros níveis de desempenho.



Figura 1.4. Regiões brasileiras para efeito de avaliações de estanqueidade à água e ao vento no Brasil (CBIC, 2013)

- Durabilidade e corrosão

A durabilidade dos sistemas de fachada depende principalmente da qualidade dos seus principais componentes, como as placas de revestimento e os perfis, chapas e dispositivos metálicos utilizados nas subestruturas e ancoragens.

A durabilidade é determinante para a vida útil do sistema, que, por sua vez, depende também da manutenção prevista. Para que a vida útil de projeto seja atingida é necessário o cum-

primento, por parte dos usuários e administradores do empreendimento, dos programas de manutenção e das condições de uso previstas. Os aspectos fundamentais de uso e manutenção do edifício e de suas partes normalmente são informados no manual de uso, operação e manutenção do edifício, ou em manuais de fabricantes, sendo que a NBR 5674 (ABNT, 2012) serve como referência para definição e realização desses programas de manutenção.

Um aspecto relevante da durabilidade dos sistemas de fachadas são as ancoragens e perfis utilizados e suas respectivas resistências à corrosão. A respeito deste assunto julga-se importante estabelecer alguns conceitos.

A corrosão do aço carbono é um processo vinculado a um ciclo químico natural. Desta forma, cabe ao projetista das vedações com partes metálicas contornar o problema da corrosão para que este não seja um fator crítico à vida útil dos sistemas.

A condição essencial para que haja corrosão é a presença de água e oxigênio em contato com o metal. Uma atmosfera muito úmida, por exemplo, é um grande contribuinte para que a corrosão ocorra.

Na ocorrência da corrosão eletroquímica, a superfície metálica apresenta pequenas regiões com potenciais elétricos diferentes que, em contato com água ou com a umidade do ar, fecha um circuito, de modo que a região com potencial eletroquímico menor sofre corrosão.

A corrosão galvânica ou bimetálica, por sua vez, ocorre quando dois metais, com diferentes potenciais eletroquímicos, estão em contato elétrico e imersos em um fluido condutor de íons (como a água, por exemplo). Dessa forma, aquele com menor potencial eletroquímico sofrerá corrosão. O fluido possui uma grande influência no potencial de corrosão dos metais. A água de chuva possui condutividade elétrica suficiente para estabelecer a reação entre dois metais em contato.

Para evitar a corrosão devem-se tomar as seguintes medidas:

- As cantoneiras devem permitir o fluxo

de ar, para secagem da superfície;

- A estrutura deve possuir furos para drenagem, em locais onde haja acúmulo de água;
- Caso seja possível, criar locais de acesso para realização de manutenção;
- Não se devem deixar cavidades nas ligações soldadas.

É importante ainda observar que sempre existirá algum grau de corrosão entre dois metais em contato. Porém, a relação entre as áreas é extremamente importante para definir se, mesmo havendo potencial de corrosão, podemos colocar os materiais em contato (por exemplo, em ligações parafusadas).

A situação onde a corrosão é mais provável é aquela em que a área exposta a ser corroída é significativamente menor em relação à região que corrói. A fotografia da Figura 1.5 ilustra esta situação.

Outros cuidados que podem ser tomados de modo a minimizar a corrosão são:

- Isolar os metais um do outro com um isolante elétrico (dielétrico), por exemplo;
- Se possível, realizar uma pintura protetora nos dois metais, ou pelo menos sobre o metal mais nobre (de maior potencial de redução, ou menor potencial de corrosão);
- Utilizar um metal de sacrifício na interface;
- O metal que tiver menor tamanho (por exemplo, parafuso) deve ser de um material mais nobre do que o metal mais abundante.



Figura 1.5. Corrosão apresentada por porca e arruela de aço galvanizado em contato com chumbador de aço inox e cantoneira de alumínio. (Acervo Inovatec Consultores)

Introdução

A Figura 1.6 mostra o potencial de corrosão bimetálica para várias combinações de metais classificando-as em: corrosão improvável (cinza escuro), corrosão possível (cinza médio) e corrosão provável (cinza claro).

Metal em contato \ Metal em consideração	Magnésio	Zinco	Liga de alumínio	Aço Carbono	Ferro Fundido	Chumbo	Estanho	Ferro Fundido Austenítico	Latão	Bronze	Ligas de Cobre Níquel	Níquel Alumínio Bronze	Liga de Níquel-Cromo Molibdénio	Titânio	Grafite
Magnésio	Improvável	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível
Zinco	Improvável	Improvável	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível
Liga de alumínio	Improvável	Improvável	Improvável	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível
Aço Carbono	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível
Ferro Fundido	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível
Chumbo	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível
Estanho	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível
Ferro Fundido Austenítico	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível
Latão	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Possível	Possível	Possível	Possível	Possível
Bronze	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Possível	Possível	Possível	Possível
Ligas de Cobre Níquel	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Possível	Possível	Possível
Níquel Alumínio Bronze	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Possível	Possível
Liga de Níquel-Cromo Molibdénio	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Possível
Titânio	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável
Grafite	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável

Figura 1.6 – Potencial de corrosão bimetálica em meio aquoso neutro, adaptado de NATIONAL PHYSICAL LABORATORY do Reino Unido. O grau de corrosão se refere ao metal no eixo vertical. Na horizontal tem-se o metal que entra em contato. (NPL, 2000)

O método mais comum para prevenir ou minimizar a corrosão bimetálica é baseado na ideia de interromper o caminho elétrico através dos metais.

Este isolamento pode ser obtido por meio do uso de buchas ou arruelas de borracha como o Neoprene e plásticos como o nylon e o PTFE – politetrafluoretileno, conhecido como *Teflon*TM.

Esta solução é eficiente quando se separa os metais e também o possível contato com uma camada de água.



Light steel framing (LSF)
para vedação de fachadas

Contextualização e aplicações

- O sistema de LSF e sua utilização em fachadas

Light Steel Framing (LSF) é o termo internacionalmente utilizado para os sistemas construtivos caracterizados pelo uso de perfis leves de aço zincado formados a frio para compor estruturas esbeltas vedadas com painéis ou chapas industrializadas.

Conhecido inicialmente por sua utilização como estrutura de edificações de pequeno porte, como residências térreas e sobrados, o LSF tem sido cada vez mais usado nas vedações externas de edifícios tanto de aço como concreto. É sobre este último uso que o presente capítulo trata.

As subestruturas dos sistemas em LSF com painéis industrializados (assim chamadas para diferenciá-las da estrutura principal do edifício) são compostas de perfis unidos entre si por parafusos ou rebites, e ancoradas à estrutura principal para transmitir carregamento externo proveniente do vento, esforços acidentais, revestimentos e peso próprio.

Nas vedações de fachadas que utilizam o LSF não há transferência de esforço vertical de um pavimento para outro. As cargas provenientes do peso próprio e da ação do vento são transferidas aos elementos externos da estrutura principal do edifício como pilares, vigas e lajes.

As ancoragens da subestrutura de perfis leves do LSF são normalmente constituídas de cantoneiras de aço zincado e chumbadores mecânicos.

Neste tipo de vedação de fachada são comumente utilizados painéis industrializados de ambos os lados da vedação, sendo mais comum a utilização de painéis (também chamados chapas ou placas) cimentícios do lado externo e de chapas de gesso acartonado do lado interno, fazendo com que a solução se assemelhe às divisórias do tipo dry wall.



Figura 2.1 – Edifício para hotelaria com estrutura metálica e fachada em LSF e placas cimentícias. (Acervo Inovatec Consultores)



Figura 2.2 – Fachada de edifício residencial em construção com sistema de LSF e placas cimentícias. (Acervo Inovatec Consultores)

Na configuração mais comum, a subestrutura de perfis é posicionada à frente do plano da fachada do edifício fazendo com que os painéis cimentícios passem à frente da estrutura principal, evitando interrupções a cada pavimento. Este tipo de solução é chamado de cortina.

Para atender aos diferentes níveis de desempenho pode-se compor a vedação de fachada em LSF com mais de um painel ou painéis de diferentes espessuras, ou mesmo painéis mais densos e até combinar mais de um painel de cada lado.

Outro recurso importante para adequar o desempenho da vedação são as **lãs minerais** e **membranas estanques** à água ou barreiras

de vapor. A lã mineral (rocha ou vidro) contribui para o conforto térmico e acústico, enquanto as membranas estanques controlam a passagem da umidade pela vedação. A mais conhecida destas membranas chama-se Tyvek®.

O acabamento externo do sistema normalmente é constituído de uma camada de argamassa especial reforçada com malha de fibra de vidro que tem a função de evitar fissuras nas juntas entre painéis e regularizar a superfície para receber uma camada final de acabamento como mostra a figura 2.3.



Figura 2.3 – Aplicação da camada de proteção chamada de “base coat” e acabamento final na vedação externa utilizando um sistema construtivo em LSF e placas cimentícias. (Acervo Inovatec Consultores)

- Subestrutura de perfis de aço revestidos formados a frio

Os perfis do LSF utilizados na vedação de fachadas são fabricados em aço revestidos com zinco ou liga de alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente. Este tipo de revestimento confere proteção contra corrosão aos perfis e é necessário para atender a vida útil prevista em projeto.

Quanto a esta proteção, a NBR 15.253 (ABNT, 2014) prescreve massas mínimas de revestimento de 275 g/m² de zinco ou de 150 g/m² para revestimento com liga de alumínio-zinco.

Tabela 2.1 – Revestimento mínimo dos perfis de aço formado a frio para LSF de acordo com a NBR 15.253. (ABNT, 2014)

Tipo de revestimento	Perfis estruturais	
	Massa mínima do revestimento ^a g/m ²	Designação do revestimento conforme as seguintes normas
Zincado por imersão a quente	275 (ABNT NBR 7008-1)	Z275 (ABNT NBR 7008-1)
Alumínio-zinco por imersão a quente	150 (ABNT NBR 15578)	AZ150 (ABNT NBR 15578)

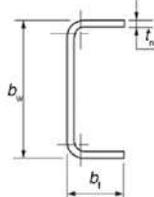
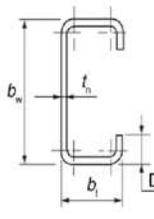
^a A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (média do ensaio triplo).

Os perfis que compõem o LSF são tipicamente comercializados nas espessuras nominais (t_n) (segundo a NBR 15253, 2014) de 0,80 mm, 0,95 mm, 1,25 mm e 1,55 mm, sendo possível a utilização até no máximo de 3,0 mm.

Os perfis utilizados são obtidos por perfilagem a partir de bobinas de aço revestido e as seções mais comuns, de acordo com a nomenclatura do Anexo B da NBR 15.253, são o “U” ou “Ue” (enrijecido) para montantes e vigas.

O “U” também é utilizado como guia na base e topo das paredes e o “L” para cantoneiras (SANTIAGO, 2008).

Tabela 2.2 - Seções transversais de perfis padrão utilizados no sistema em LSF para vedação de fachadas (Adaptado de ABNT, 2014)

Seção transversal	Designação NBR 6355	Utilização
	U simples	Guia Ripa Bloqueador Sanefa Terça
	U enrijecido	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga Terça Guia enrijecida (sistema com encaixes estampados)

Light steel framing (LSF) para vedação de fachadas

Os perfis devem ser produzidos em aço com qualidade estrutural (ZAR), com resistência ao escoamento mínima de 230 MPa, conforme a NBR 7008-3 ou a NBR 15578, e ainda atender aos requisitos da NBR 14762.

- Tipologia dos sistemas LSF para fachadas

Os sistemas com estruturação em LSF possuem diferentes tipologias quanto à disposição em relação à estrutura principal, principalmente às bordas das lajes. Esta variação cria uma flexibilidade interessante para o projeto de arquitetura.

SANTIAGO (2008) propõe uma classificação de três tipos em relação ao critério acima: **embutida, semicortina ou cortina**.

O sistema com montagem embutida (Figura 2.4) caracteriza-se por seus painéis serem instalados internamente em relação às bordas das lajes do edifício. Assim, as cargas são transmitidas à estrutura imediatamente abaixo de forma linear. Pode se tomar partido desta opção de maneira a se recuar um pouco os painéis deixando a estrutura aparente, tomando-se os cuidados adequados para se assegurar a estanqueidade nos encontros entre materiais.



Figura 2.4 – Detalhe da vedação com LSF do tipo embutida (entre lajes) ainda sem os painéis de fechamento, mostrando o uso da lã mineral. (Acervo Inovatec Consultores)

O sistema com montagem semicortina caracteriza-se por posicionar o paramento exterior da vedação à frente da estrutura

principal ou corpo da edificação, enquanto a subestrutura de perfis leves de aço e seu paramento interior (chapa de gesso acartonado) permanecem entre as lajes de piso de dois pavimentos subsequentes.

Neste tipo de montagem podem-se cobrir as faces das lajes externas e vigas, eliminando-se a necessidade de acabamentos da estrutura principal do edifício. Para isso, as guias horizontais que recebem perfis verticais (montantes) são posicionadas desalinhadas em relação ao plano da fachada. Elimina-se assim a necessidade de execução de juntas entre os painéis de fechamento e a estrutura como no exemplo da Figura 2.5



Figura 2.5 – Fachada de edifício com estrutura metálica e vedação externa em LSF e placas cimentícias. Notar que as placas de fechamento externo ficam à frente da estrutura do edifício formando um paramento contínuo (tipo semicortina). (Acervo Inovatec Consultores).

No sistema de montagem do tipo cortina, o LSF fica posicionado totalmente externo à estrutura principal do edifício. Nesta montagem uma das extremidades do perfil vertical deve possuir movimentação vertical livre para absorver dilatação e contração causadas pela variação de temperatura. A outra extremidade com movimentação vertical impedida é ancorada à estrutura principal e pode transmitir os esforços devido ao peso próprio.

Na fachada da Figura 2.6 onde foi utilizado este tipo de solução pode-se observar o elemento horizontal (longarina) da subestrutura criada para apoiar os perfis verticais (montantes) a cada pavimento. Notar a utilização da barreira de vapor entre a divisória interna

e externa para evitar condensação. A barreira de vapor, diferentemente da barreira estanque, evitar a passagem da água tanto na forma líquida quanto gasosa.



Figura 2.6 – Detalhe da vedação em LSF do tipo cortina onde todo o sistema fica externo à estrutura principal do edifício. Acervo Inovatec Consultores)



Figura 2.7 – Detalhe da fachada da Figura 2.6 mostrando uma longarina de apoio para os perfis verticais do LSF tipo cortina. (Acervo Inovatec Consultores)

- Placas cimentícias para sistemas de LSF

No mercado nacional a principal opção disponível para fechamento de vedações externas em LSF de edifícios de múltiplos pavimentos é a placa ou painel cimentício.

As placas cimentícias são fabricadas com cimento Portland, fibras de celulose ou sintéticas e agregados. Contudo, há diferen-

ças importantes entre as placas disponíveis no mercado.

As placas cimentícias possuem constituição permeável ao vapor de água e relativa estanqueidade à água no estado líquido.

As diferentes tecnologias de produção interferem diretamente nas propriedades e desempenho das placas. Uma das características que marcam estas diferenças é a capacidade de absorção de água, que varia de fabricante para fabricante.

As placas cimentícias utilizadas em vedações de fachada devem ser protegidas para evitar movimentação higroscópica que venha a provocar fissuras. O tratamento das juntas por si só não elimina a necessidade de proteção das placas contra umidade. Em termos gerais, quanto maior a capacidade de absorção de água da placa, maior o potencial de movimentação e mais eficiente deve ser esta proteção.



Figura 2.8 – Detalhe da placa cimentícia fabricada com agregado leve e malhas de fibra de vidro nas duas faces externas. (Acervo Inovatec Consultores)

A placa cimentícia mostrada na Figura 2.8 possui absorção de 6% enquanto outras placas do mercado apresentam absorção superior a 20%. Para placas de mesma constituição e matéria-prima, maiores teores de umidade tendem a resultar em maior tendência à movimentação higroscópica.

As placas também são diferentes com relação ao tipo de reforço utilizado para resistir à flexão e permitir um manuseio sem ruptura. Há placas que possuem fibras sintéticas dispersas

Light steel framing (LSF) para vedação de fachadas

na matriz cimentícia e outras que possuem malhas de fibra de vidro incorporada à suas superfícies como mostra a Figura 2.8.

As principais características das placas cimentícias para vedações em LSF são:

- elevada resistência a impactos;
- resistência à umidade, podendo ser exposta às intempéries;
- incombustibilidade;
- facilidade de corte;
- possibilidade de compor paredes curvas depois de saturadas;
- baixo peso próprio (até 18 kg/m²) facilitando o transporte e manuseio;
- compatível com a maioria dos acabamentos e revestimentos como pintura, cerâmica e placas de rocha.

A NBR 15.498 - Placa plana cimentícia sem amianto - Requisitos e métodos de ensaio (ABNT, 2007) estabelece algumas dessas características. A Tabela 2.3 apresenta um resumo de valores obtidos de acordo com os métodos desta norma e dados declarados por fabricantes nacionais.

Tabela 2.3 – Características de placas cimentícias destinadas ao uso em LSF para vedação de fachadas.

Característica	Valor
Densidade aparente	1,50 g/cm ³
Absorção de água	6 a 25 %
Varição dimensional por imersão e secagem	0,8 a 1,3 mm/m
Módulo E	> 5.000 N/mm ²
Condutividade Térmica (λ)	0,30 a 0,35 W/m.K
Resistência de ruptura na flexão em condição saturada	Classe A3
Resistência de ruptura na flexão em condição de equilíbrio.	Classe B3

As placas utilizadas no LSF são comercializadas com largura fixa de 1,20 m e comprimentos que variam de 2,00 m, 2,40 m e 3,00 m. As espessuras mais utilizadas para vedações externas são 10 e 12 mm. O peso das placas varia entre 16 e 17 Kg/m².

- Onde e porquê usar LSF em fachadas

As soluções de vedação de fachada em LSF podem ser utilizadas em praticamente todo tipo de edificação, incluindo edifícios comerciais, residenciais e industriais.

Devido a sua rapidez de execução e racionalização do uso dos materiais o LSF deve ganhar cada vez mais espaço no mercado nacional de construção civil. É possível reduzir o cronograma final de algumas obras, impactando diretamente em seu custo fixo como tem ocorrido em diversas obras executadas no Brasil.

Vale ressaltar que o uso do LSF como vedação externa permite o acabamento final com materiais tradicionais como pintura, argamassas decorativas de diversos tipos e cerâmica.

- Características do LSF para fachadas

Os principais benefícios do LSF para fachada residem justamente nos aspectos executivos apresentados a seguir:

a) Benefícios quanto à racionalização da obra:

- Rapidez de construção aumentando as operações de montagem a seco no canteiro de obras;
- Possibilidade de aquisição completa do sistema de componentes e acessórios, incluindo projeto e mão de obra de instalação;
- A montagem a seco permite maior precisão dimensional, devido tanto ao uso de componentes industrializados e montagem racional quanto por sofrer menor interferência da mão de obra;

- Redução de cargas quando comparada a outros tipos de vedações;
- Possibilidade de controle de qualidade efetivo da execução proporcionado pela separação dos serviços (montagem da estrutura, vedação com painéis e acabamento final);
- Disponibilidade dos componentes do sistema no mercado nacional;
- Facilidade de montagem, manuseio e transporte devido à leveza dos componentes;
- Flexibilidade para projetar geometrias e dimensões variadas, praticamente sem restrições; e
- Facilidade de passagem de instalações elétricas e hidráulicas.

b) Benefícios quanto ao desempenho:

- Possibilidade de atendimento a diferentes níveis de desempenho global de modo objetivo (há resultados de ensaios de várias configurações e pode-se determinar mais precisamente estes níveis);
- Os componentes do sistema são industrializados e padronizados segundo normas técnicas nacionais e internacionais;
- Durabilidade dos perfis conformados a partir de chapas galvanizadas por imersão a quente;
- Tanto o aço como as placas cimentícias são materiais incombustíveis.

Por outro lado, o LSF requer projeto executivo bem detalhado e mão de obra treinada para obtenção do potencial de racionalização e desempenho.

É importante prever no projeto o posicionamento de juntas de dilatação para grandes vãos e alturas.

A racionalização e rapidez de montagem do LSF com placa cimentícia apresentam melhores resultados quando a estrutura principal do edifício é em aço, devido à associação dos processos e montagem a seco comuns a ambos.

A Tabela 2.4 resume algumas razões para utilização do sistema com estruturas em aço.

Tabela 2.4. Razões para utilização do LSF como vedação de estruturas em aço.

SISTEMA LSF PARA VEDAÇÃO EXTERNA EM ESTRUTURAS METÁLICAS EM AÇO
O uso de componentes industrializados e montagem racional permite a redução no prazo de entrega da obra tornando a solução mais compatível com as estruturas em aço que também apresentam estas propriedades potenciais.
Há redução considerável de cargas quando comparada a outros tipos de vedações. O LSF pesa menos de 1/3 do peso da alvenaria de blocos cerâmicos e menos de 1/4 da alvenaria de bloco de concreto.
Possibilidade de controle de qualidade efetivo da execução proporcionado pela separação dos serviços (montagem da estrutura, vedação com painéis e acabamento final)
Facilidade de montagem, manuseio e transporte devido à simplicidade da cadeia produtiva.

Para prevenir fissuras os encontros entre placas cimentícias devem ser tratados com telas especiais, em geral de fibra de vidro, aplicadas com argamassa especial para suportar as tensões impostas pela dilatação e contração térmica e higroscópica, ambas de caráter cíclico.

A fim de proteger as placas contra umidade e a movimentação higroscópica e garantir a planicidade da fachada, deve ser prevista a aplicação de uma camada de argamassa de regularização externa (conhecida em inglês como *base coat*) antes da aplicação de revestimentos finais.

- Relação custo-benefício

Desde que se explore bem seu potencial de racionalização, a vedação de fachada em LSF pode ser bastante competitiva com relação ao custo, mesmo quando comparada com sistemas convencionais em alvenaria.

Light steel framing (LSF) para vedação de fachadas

Na comparação entre os sistemas apresentados na tabela do Anexo A, são utilizados os fatores listados abaixo, para os quais se faz aqui uma análise mais aprofundada voltada às vedações de fachada em Light Steel Framing.

- Impacto na logística da obra: a solução em LSF, enquanto sistema construtivo, resolve ao mesmo tempo a vedação exterior e seu revestimento, reduzindo o número de atividades na obra. Os componentes são leves, de fácil manuseio e transporte;

- Necessidade de equipamento: a montagem do LSF é realizada manualmente e não implica em grandes investimentos neste item, seja para o transporte no canteiro, seja para a montagem. Para agilizar a sequência de acabamento externo torna-se conveniente o uso de equipamentos de movimentação vertical que permitam maior agilidade nas subidas e descidas necessárias à execução;

- Nível de pré-montagem: o LSF apresenta limitação relativa, pelo fato da montagem do reticulado de perfis e a fixação das placas serem executadas no local. Por outro lado, isso confere maior flexibilidade arquitetônica, sendo possível a criação de formas mais complexas;

- Velocidade de montagem: relativamente superior às vedações convencionais em alvenaria, mas menor que os outros sistemas pré-montados. O uso de equipamentos que permitem maior agilidade na movimentação vertical é significativo para tirar proveito da potencial velocidade de montagem do sistema, que pode ser de 4 a 5 vezes maior que a velocidade de execução de uma alvenaria convencional;

- Viabilidade de ajustes durante a montagem: o baixo nível de pré-montagem deste sistema de vedação e a disponibilidade de acessórios facilita a execução de ajustes em obra, embora possam induzir a improvisos. A placa cimentícia é de fácil manuseio e permite compor medidas fracionadas com facilidade, uma propriedade da alvenaria, mas difícil de ser resolvida nos sistemas com alto nível de pré-montagem;

- Terminalidade: as placas cimentícias precisam necessariamente de proteção e acabamento em áreas externas, por este motivo devem ser revestidas;

- Necessidade de acabamento final: o sistema foi concebido para ser revestido e conta com essa proteção para o atendimento a alguns requisitos de desempenho. É possível utilizar diferentes tipos de acabamento como pintura, argamassa decorativa ou revestimento cerâmico, conferindo maior liberdade arquitetônica;

- Incremento de desempenho acústico: pode-se variar tipo e densidade do material de preenchimento interno, bem como o tipo, número e espessura das placas externas e internas para se atingir o nível de desempenho desejado;

- Incremento de desempenho térmico: análogo ao item anterior;

- Incremento de segurança contra incêndio: análogo ao item anterior considerando que o painel interno de gesso acartonado e o uso de lã mineral contribuem diretamente para determinar o TRRF do sistema;

- Incremento em durabilidade: tem-se como principais fatores contribuintes para a durabilidade do sistema o revestimento dos perfis e acessórios, a qualidade dos painéis e a proteção externa composta de argamassa especial e reforços com telas de fibra de vidro;

- Manutenibilidade: o principal procedimento de manutenção é relativo ao revestimento externo do sistema, responsável pela proteção das placas e dos perfis de aço;

- Cadeia Produtiva: a demanda por este sistema de vedação tem crescido e com o maior uso do sistema há a necessidade de aumentar o número de fornecedores para o pleno atendimento e garantia do fornecimento;

- Contrato e responsabilidade técnica: quando vendido como um sistema de produto, devem constar da solução em LSF e placa cimentícia, todos os componentes da vedação e sua instalação. Entretanto, nem sempre isso ocorre e parte da responsabilidade de forneci-

mento de materiais pode ficar por conta do cliente. A não exigência de um projeto executivo e a montagem realizada por terceiros pode dificultar o funcionamento da solução com um sistema de fato;

- Estimativa de preço (R\$/m²): a faixa de preço fornecida engloba as configurações mais básicas do sistema para atender o nível mínimo previsto pela NBR 15.575 para vedações verticais de edifícios residenciais.

- Desempenho do LSF para fachadas

- Desempenho estrutural

O LSF como subestrutura de sistemas de vedação para fachadas não tem função estrutural, mas deve ser capaz de resistir às ações externas de cargas horizontais de vento ou abalos sísmicos, bem como aos efeitos da dilatação térmica dos perfis que o compõem.

O sistema deve atender aos requisitos definidos na NBR 15.575 que prevê as resistências a impactos (lados interno e externo) de corpo mole e duro e cargas suspensas.

- Desempenho acústico

O LSF deve atender aos critérios estabelecidos na NBR 15.575 e ser projetado e executado de modo que este desempenho não se altere com o tempo.

As soluções construtivas precisam contar com bandas acústicas e fitas de espumas especiais, de modo a compensar irregularidades das superfícies que terão contato com os perfis estruturais e absorver ruídos e vibrações, evitando a formação de pontes acústicas, e, portanto, a entrada de ruídos.

Para atingir os níveis de desempenho exigidos pela norma, recorrentemente faz-se necessária a utilização de material isolante como lã mineral ou mesmo o uso de mais de uma placa de gesso, OSB ou cimentícia, como exposto na Figura 2.4.

A título de exemplo, a Tabela 2.5 mostra a influência da lã de vidro, paredes simples e duplas de LSF e painéis internos de gesso acartonado no Índice de Redução – R_w determinado em laboratório.

Tabela 2.5. Seção transversal de uma vedação externa em LSF e valores esperados para índice de redução sonora R_w . (FREITAS, CRASTO, 2006)

	Parede Simples	Parede Dupla	Parede Simples	Parede Dupla	Parede Simples	Parede Dupla
Espessura da lã de vidro (mm)	50	50	75	75	100	100
R_w (dB)	43	50	47	55	52	58

A Tabela 1.4 (vide item 2.2 do Capítulo 1) apresenta os valores de referência R_w , obtidos em ensaios de laboratório, para orientação a fabricantes e projetistas.

- Desempenho térmico

As soluções em LSF devem apresentar transmitância térmica e capacidade térmica que proporcionem desempenho térmico que satisfaça condições mínimas, conforme estabelecido para cada zona bioclimática pela NBR 15.575.

Os sistemas de LSF para fachada apresentam desempenhos térmicos diversos em função do sistema utilizado. Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) das paredes externas são apresentados na Tabela 1.5 (vide 2.3 do Capítulo 1).

- Segurança contra incêndio

O sistema de vedação em LSF deve dificultar a ocorrência da inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio e não gerar fumaça excessiva que possa impedir a fuga dos ocupantes em situações de incêndio.

Os materiais empregados no interior das paredes devem ser classificados como I, II A ou III A. Estas classificações constam da NBR 15.575 e são mostradas no Capítulo 1 (item 2.4).

Os sistemas ou elementos da vedação em LSF devem atender ainda a NBR 14.432, que define o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) das vedações considerando a altura da edificação habitacional.

As chapas cimentícias que compõe os sistemas em LSF são incombustíveis (Classe 1). Já os TRRF do sistema podem variar de 30 a 120 minutos, dependendo da sua configuração.

- Estanqueidade

Para as condições de exposição indicadas na norma de desempenho, e conforme as regiões de exposição ao vento indicadas, os sistemas de vedação em LSF, incluindo as interfaces entre esquadrias e paredes, devem permanecer estanques. Isso se faz necessário a fim de evitar infiltrações, que propiciariam a formação de gotas de água aderentes na face interna e eventualmente escorrimientos

- Durabilidade do LSF

A durabilidade dos componentes dos sistemas em LSF depende intrinsecamente da qualidade dos seus componentes, sendo os principais as placas cimentícias e os perfis de aço revestido.

A durabilidade é determinante para a vida útil do sistema que, por sua vez, depende também da manutenção prevista.

Um aspecto relevante da durabilidade dos perfis utilizados no LSF é sua resistência à corrosão.

A durabilidade e a resistência à corrosão já foram abordadas no item 2.6 do Capítulo 1.

- Projeto de vedações de fachada com LSF

O detalhamento do projeto para a execução de vedações é parte crítica para que se alcance o resultado final esperado. O projeto deve trazer a descrição objetiva das interações entre os diferentes componentes do sistema

bem como a definição dos métodos executivos.

Os desenhos devem mostrar em planta e corte a posição dos perfis e painéis para assegurar a correta instalação dos trechos de paredes.

Deverão ser especificados todos os componentes dos sistemas de acordo com a vida útil esperada para a obra em questão.

Configurações das vedações com LSF e placa cimentícia

A Figura 2.9 ilustra o detalhamento de projeto para uma fachada em LSF com montagem semicortina onde o painel da vedação é posicionado do lado externo da estrutura principal do edifício enquanto o painel de gesso acartonado fica do lado interno.

Para a fixação dos perfis são utilizadas guias, buchas de nylon e parafusos zincados do tipo aço-concreto.

Para a fixação dos perfis e dos painéis aos perfis são especificados parafusos autobrochantes de diferentes comprimentos em função das necessidades.

Ainda neste detalhe observa-se a posição de instalação das fitas de isolamento acústico utilizadas nas interfaces entre perfis e concreto e a camada de argamassa de proteção chamada de *base coat*.

A linha tracejada representa a barreira estanque que fica posicionada por trás da placa cimentícia para evitar a passagem de água.

Notar que o painel de gesso acartonado interno não encosta na laje deixando-se espaço suficiente para acomodar as deformações da estrutura.

Neste projeto foram usadas guias e montantes de 120 mm de altura e chapas cimentícias e de gesso de 12,5 mm de espessura.

O uso da cantoneira de apoio do trecho da guia em balanço só se faz necessário se a distância for maior que 3 cm. Ocorrendo desalinhamento na fachada que obrigue a guia a ficar em balanço maior, a cantoneira deve ser utilizada na guia da laje que suporta o peso próprio da vedação do pavimento.

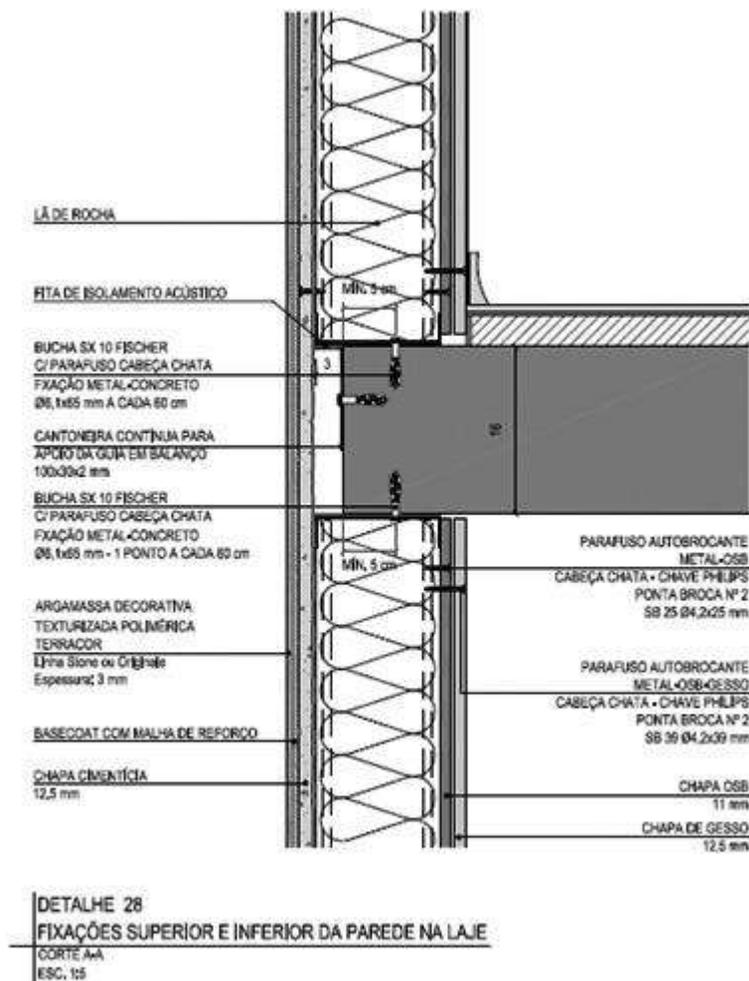


Figura 2.9 – Corte transversal mostrando vedação externa em LSF do tipo semicortina com indicação de vários elementos e acessórios utilizados em um projeto específico. (Acervo INOVATEC CONSULTORES)
 Nota: as eventuais denominações comerciais e citações de fabricantes são de caráter meramente ilustrativo.

- Modulação de perfis e painéis

A Figura 2.10 mostra um trecho de planta baixa com o posicionamento de montantes e placas cimentícias.

Este projeto residencial traz o LSF como solução da vedação externa e as divisórias internas são de gesso acartonado.

As setas perpendiculares às paredes mostram as posição dos painéis que seguem ordenados de modo a otimizar cortes, melhorando o aproveitamento e facilitando a montagem.

As linhas tracejadas identificam as aberturas que também são cotadas. Notar que a modulação dos painéis deve ser realizada de

modo a evitar que ocorram juntas verticais alinhadas (aprumadas) nos cantos das aberturas.

A Figura 2.11 mostra as configurações recomendadas para se evitar fissuras.

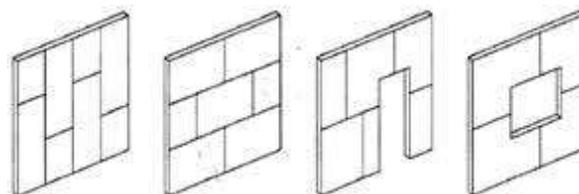


Figura 2.11 – Diferentes posicionamentos dos painéis do LSF mostrando o desalinhamento entre juntas verticais, horizontais e cantos de abertura (SANTIAGO, 2008)

Light steel framing (LSF) para vedação de fachadas

A união entre duas placas adjacentes deve efetuar-se sobre a mesa de um montante, onde cada placa compartilha metade dessa mesa. Os parafusos devem estar defasados entre uma placa e outra de modo que não perfurem a mesa do perfil em dois pontos da mesma altura. A fixação deve ser feita a cada 150 mm no máximo em todo o perímetro da placa e a cada 300 mm nos montantes intermediários.

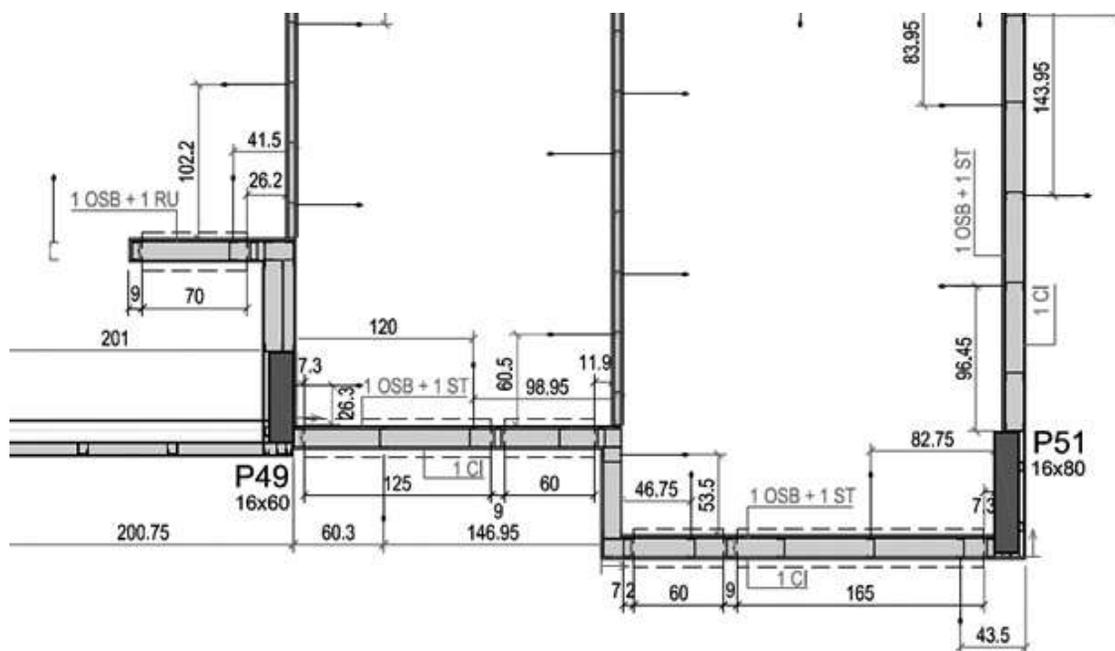


Figura 2.10 – Trecho da planta de modulação de fachada em LSF. As setas perpendiculares marcam a posição das placas cimentícias. (Acervo INOVATEC CONSULTORES)

O espaçamento utilizado para os montantes da vedação externa foi de 600 mm, suficiente neste caso para atender aos esforços laterais do vento e demais requisitos da NBR 15.575 - Parte 1.

Os painéis externos também recobrem os pilares da periferia permitindo que toda a fachada seja recoberta de maneira uniforme. Para isso são utilizados acessórios próprios de modo a vencer os desalinhamentos e permitir a ancoragem adequada como mostra a Figura 2.13.

2.3.3 - Detalhamento construtivo

Uma série de detalhes devem ser observados para orientar a montagem correta do sistema de vedação em LSF. Ao contrário do que às vezes possa parecer, quanto mais in-

dustrializado o sistema, mais importante torna-se o projeto no sentido de aproveitar melhor seu potencial e evitar improvisos. Improvisar torna-se mais oneroso à medida que se perde produtividade e se desperdiça material.

A eficiência da montagem e por consequência da produtividade e viabilidade do sistema depende da clareza dos detalhes do projeto. Na vedação em LSF há pontos críticos que precisam ficar bem definidos como os mostrados nas Figuras 2.12 e 2.13.

Na Figura 2.12 apresenta-se um detalhe de canto com os acessórios necessários para reforçar o encontro entre dois painéis cimentícios.

Na Figura 2.13 mostra-se o detalhe da fixação e ancoragem da vedação para envolver um pilar da fachada.

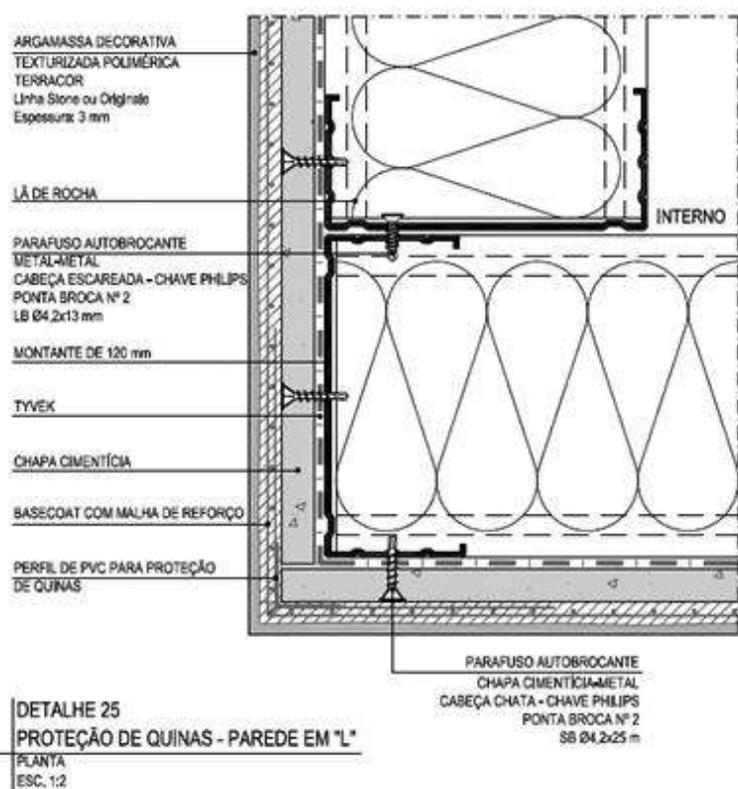


Figura 2.12 – Detalhe em planta mostrando os componentes e acessórios utilizados no canto externo da fachada em LSF. Notar o cuidado com proteção e reforço no encontro entre as placas cimentícias e a fixação dos montantes verticais. (Acervo INOVA-TEC CONSULTORES)

Nota: as eventuais denominações comerciais e citações de fabricantes são de caráter meramente ilustrativo.

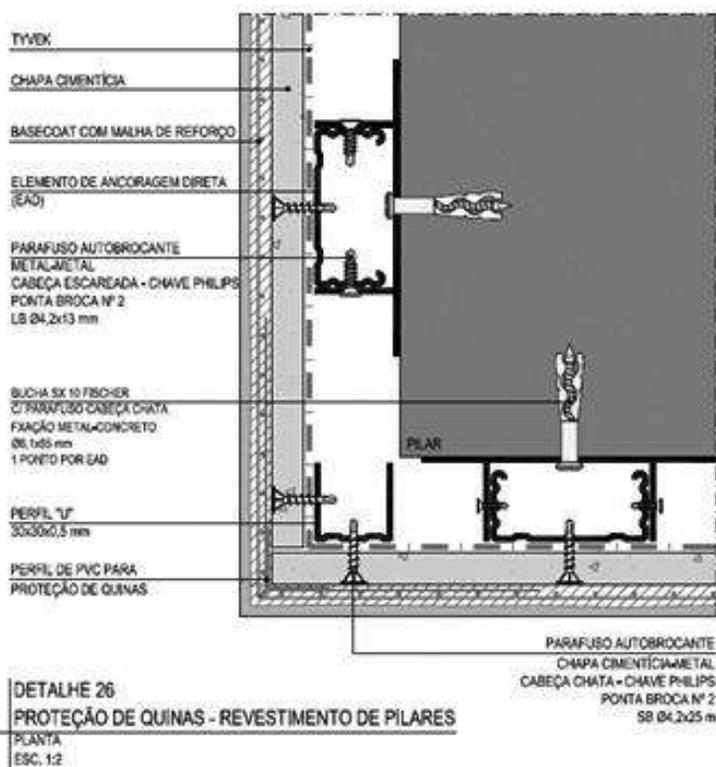


Figura 2.13 – Trecho da planta de modulação de fachada em LSF. As setas perpendiculares marcam a posição das placas cimentícias. (Acervo Inovatec Consultores)

Nota: as eventuais denominações comerciais e citações de fabricantes são de caráter meramente ilustrativo.

Light steel framing (LSF) para vedação de fachadas

Na Figura 2.14 tem-se uma elevação típica da vedação em LSF mostrando o posicionamento de montantes e principais componentes do sistema, incluindo a banda acústica (fita de isolamento) utilizada entre as faces das guias e montantes na interface com a estrutura principal do edifício.

Para a fixação das placas cimentícias são utilizados parafusos autobrocantes com cabeça chata do tipo chapa-metal. A fixação deve ser feita tanto nos montantes quanto nas guias com espaçamento máximo de 300 mm e dispostos a 15 mm das bordas das placas.

Nos cantos das placas cimentícias, os parafusos devem ficar afastados de 50 a 100 mm das bordas nas duas direções.

Após a fixação, todas as cabeças dos parafusos devem ser tratadas com massa cimentícia própria que faz parte do sistema.

Para vãos de abertura até 1,20 m, as vergas podem ser compostas simplesmente por perfis guias e fixadas aos montantes laterais que devem estar presentes sempre dos dois lados das aberturas. Para vãos maiores pode-

-se utilizar outras configurações de perfis em função dos esforços e dimensões envolvidas. A Figura 2.15 recomenda a disposição de guias e montantes para compor vãos de vergas em aberturas de janelas ou portas. Podem ser utilizados perfis U dobrados, cantoneiras de conexão ou chapas.

A Figura 2.16 mostra um detalhe do encontro entre divisória externa de LSF com placa cimentícia e interna com painel de gesso acartonado na posição de um pilar metálico. Notar que o painel de gesso interno da vedação externa não deve ser interrompido no encontro das duas divisórias.

A Figura 2.17 mostra o detalhe do encontro entre esquadria e LSF com placa cimentícia. Neste tipo de janela não há contramarco e a instalação fica facilitada pela precisão dimensional do vão e pela fixação por meio de parafusos autobrocantes nos perfis dobrados da própria vedação. No detalhe da Figura 2.18 foi utilizado um peitoril de granito que permite melhor acabamento e vedação.

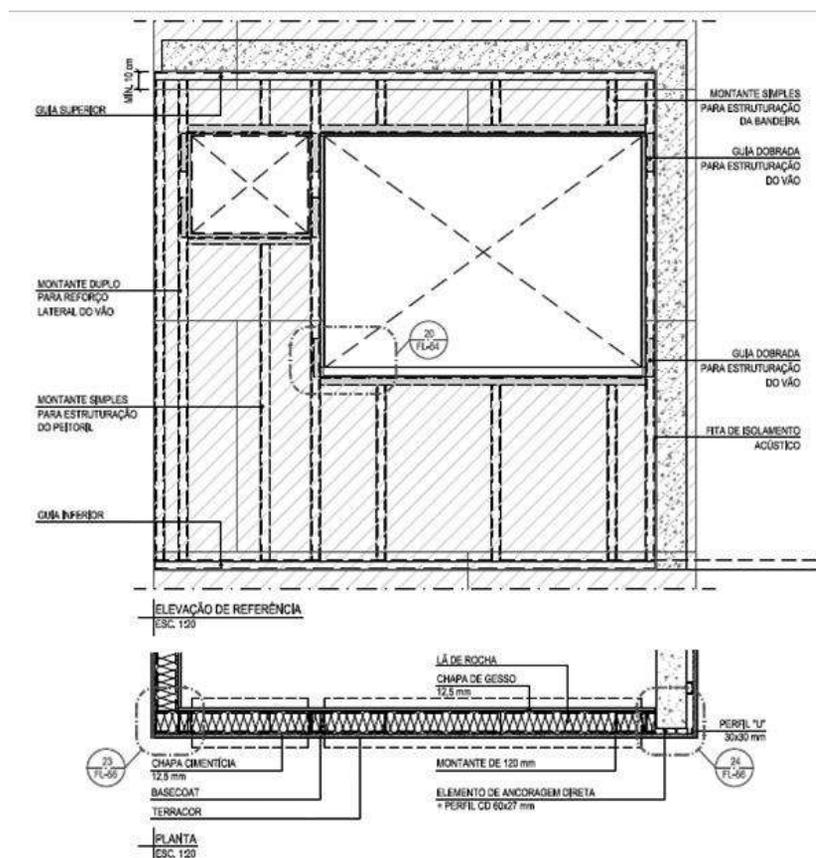


Figura 2.14 – Elevação e planta típica de um trecho do LSF de fachada mostrando a posição dos perfis no caso de aberturas para janelas. A linha no contorno indica a banda acústica necessária em todas as situações para se evitar a transmissão de ruídos aéreos. (Acervo Inovatec Consultores)
Nota: as eventuais denominações comerciais e citações de fabricantes são de caráter meramente ilustrativo.

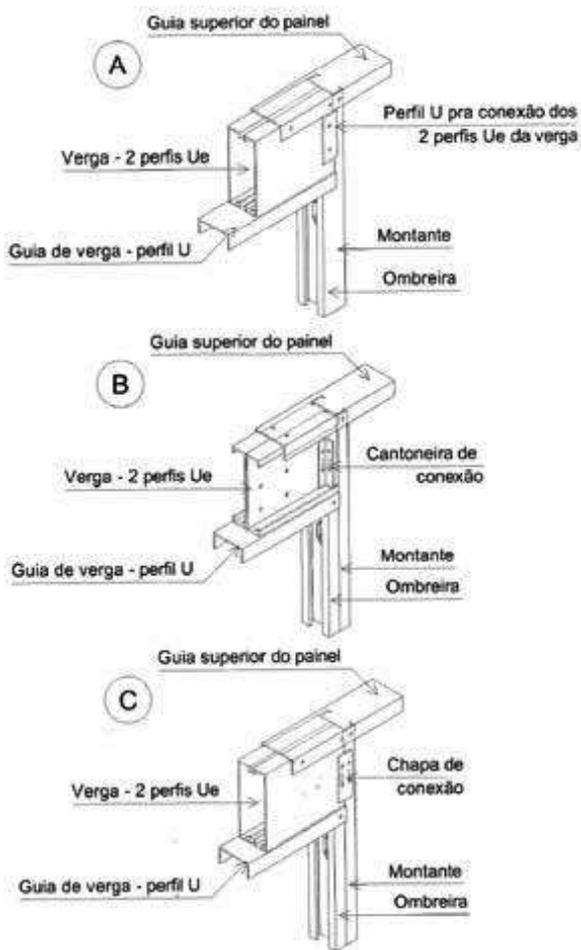


Figura 2.15 – Diferentes configurações para vencer vãos de verga. (Reproduzido de SANTIAGO *et al.*, 2012)

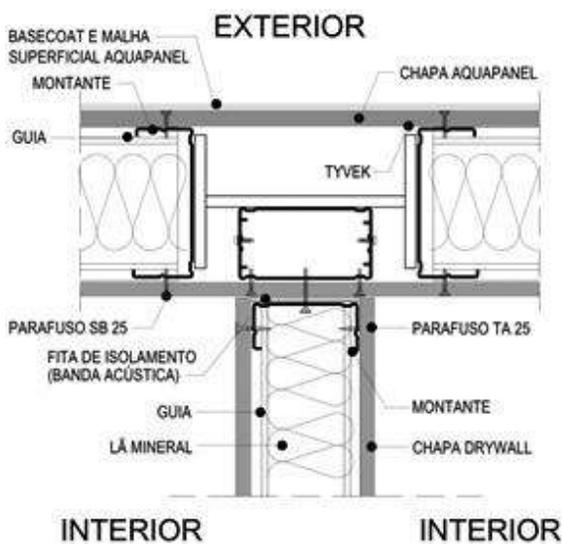


Figura 2.16 – Detalhe em planta do encontro da vedação externa em LSF e interna em dry wall com um pilar metálico da estrutura principal do edifício. (KNAUF, 2009)

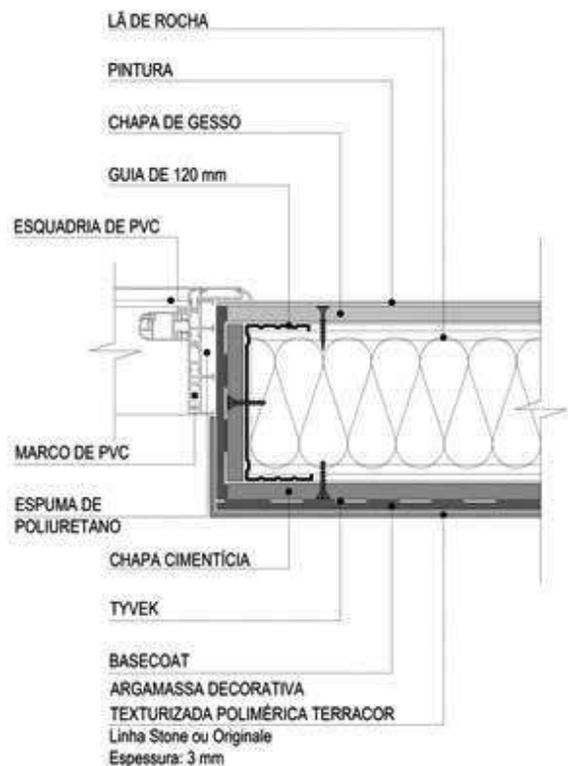


Figura 2.17 – Detalhe do encontro entre esquadria e LSF com placa cimentícia. Notar que neste caso não há contra-marco. (Acervo Inovatec Consultores)

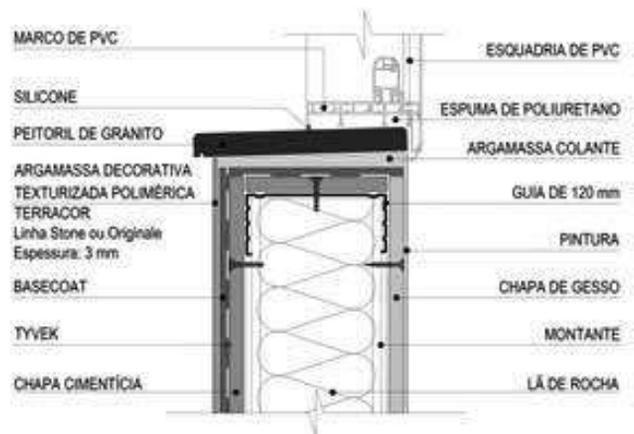


Figura 2.18 – Detalhe do encontro entre esquadria e LSF com placa cimentícia na posição do peitoril. (Acervo Inovatec Consultores)



Painéis metálicos isolantes
(PMI) para vedação
de fachadas

Painéis metálicos isolantes (PMI) para vedação de fachadas

3.1. Contextualização e aplicações

Os painéis metálicos isolantes, (*Insulated Metal Panels*) são alternativas construtivas para vedações verticais e coberturas, compostos por um núcleo isolante principal e revestidos por chapas metálicas. As chapas são tipicamente constituídas de aço revestido e representam cerca de 80% da massa do produto final (MCA–2013b).

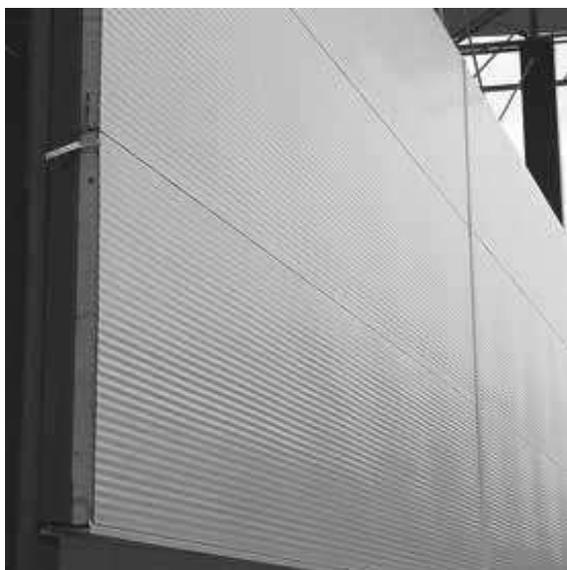


Figura 3.1 – Painéis metálicos isolantes instalados, sem acabamento lateral. (DÂNICA, 2013b)

Estes painéis trazem benefícios em várias etapas da construção, possuem notória facilidade e velocidade de instalação, permitem a obtenção de diferentes níveis de desempenho em função das necessidades de projeto com elevada eficiência térmica e relativo baixo custo.

3.1.1 - Onde e porquê utilizar o sistema de painéis metálicos isolantes

Os sistemas de vedação com PMI promovem excelente isolamento térmico.



Figura 3.2 – Sistemas de vedação externa em painéis metálicos isolantes – Acabamento curvo feito por segmentos de painéis planos (DÂNICA, 2013b)

Por se tratar de um produto pré-fabricado com juntas de encaixe simplificado, todo o processo de montagem é facilitado, eliminando o desperdício de materiais e reduzindo o tempo de execução da obra. O revestimento metálico das chapas confere durabilidade e permite várias alternativas de acabamento. As Figuras e 3.4 mostram esquemas de soluções de vedação externa com os PMIs.

Apesar de não haverem restrições para seu uso, os PMIs de fachada são mais utilizados em obras comerciais, fachadas industriais de galpões e câmaras frias, fachadas comerciais de shopping centers, hospitais e supermercados. Eles vêm sendo difundidos nas vedações muitas vezes com o intuito de aproveitar o baixo peso dos seus componentes aliada à agilidade da execução.

Pode-se ressaltar ainda, dentro deste uso, uma forma de empreendimento que obteve resultados bastante satisfatórios: a construção de casas modulares em conjuntos habitacionais populares onde o tempo de montagem da estrutura foi de apenas 4 dias (Figura 3.5).

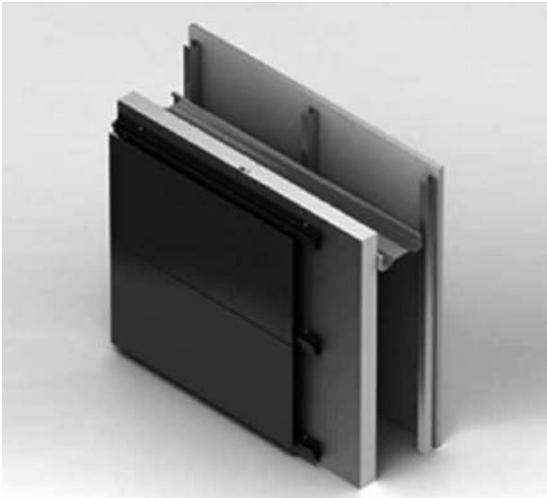


Figura 3.3 – Perspectiva esquemática de uma vedação externa utilizando painéis metálicos isolantes (BENCHMARK KINGSPAN, 2014)

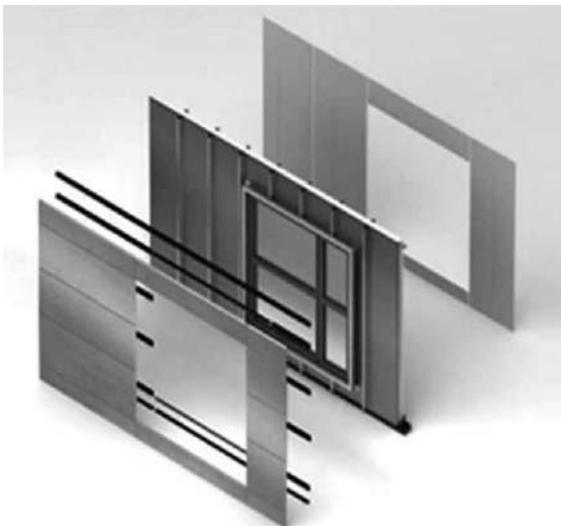


Figura 3.4 – Paramento externo, painel metálico isolante e paramento interno de um sistema de vedação de fachada (BENCHMARK KINGSPAN, 2014)

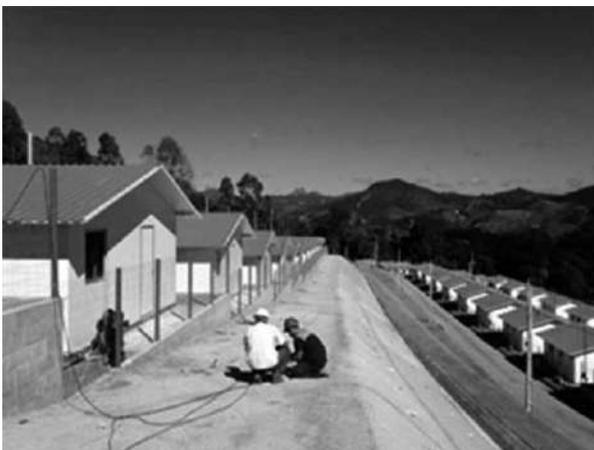


Figura 3.5 – Casas modulares construídas com painéis metálicos isolantes. (FISCHER, 2013).

Devido à sua ágil montagem, bem como à possibilidade de desmontagem, os painéis metálicos isolantes são uma boa alternativa também para construções de caráter temporário. Este emprego usualmente é identificado no projeto e execução de módulos operacionais provisórios em grandes eventos como mostra a Figura 3.6. (FARIA & MARTINS, 2013).



Figura 3.6 – Módulo operacional provisório instalado no aeroporto de Goiânia com fechamento em painéis metálicos isolantes. (FARIA & MARTINS, 2013).

As características mencionadas, em particular a alternativa de desmontagem e reposicionamento, fazem dos painéis metálicos isolantes uma boa alternativa também para empreendimentos que lidam com a expectativa de ampliações.

- Características do sistema de painéis metálicos isolantes

A tecnologia de vedações externas em painéis metálicos isolantes pode ser subdividida em duas tipologias: painéis com função estrutural e painéis sem função estrutural. Neste manual são tratadas as vedações para estruturas em aço.

No sistema de vedação externa em PMIs, os painéis são encaixados entre si mediante um sistema macho e fêmea (Figura 3.7), não exigindo assim uma mão de obra especializada em sua montagem. Isto permite ainda manter as propriedades dos painéis por toda a vedação sem discontinuidades.

Painéis metálicos isolantes (PMI) para vedação de fachadas



Figura 3.7 – Detalhe de encaixe de topo entre dois painéis adjacentes. (DÂNICA, 2013a).

Quando comparados à alvenaria ou concreto pré-moldado, os painéis são mais leves, facilitando seu transporte e manuseio, otimizando assim todo o processo de instalação.

O método de encaixe e a praticidade no manuseio conferem alta produtividade ao sistema, podendo-se executar mais de 400 m² por dia para um projeto industrial, considerando uma equipe de quatro homens numa jornada de oito horas de trabalho. (MCA, 2010).

O sistema de vedação em PMI atua de maneira isolante, inibindo a troca de calor na existência de gradientes térmicos entre o ambiente interno e o meio externo. Tal propriedade viabiliza a manutenção das condições de projeto no interior das edificações com menor intervenção energética, seja ela pela redução no uso de refrigeradores, em regiões quentes ou em câmaras frias, ou de aquecedores, em áreas sujeitas a temperaturas reduzidas.

Dessa forma, além de auxiliar na obtenção de certificações de sustentabilidade, a eficiência energética promovida por esse sistema pode gerar uma redução significativa na operação do edifício, sendo ainda mais expressivo em análises de custo global de longo prazo.

Outra característica positiva, do ponto de vista da sustentabilidade, é a possibilidade de reutilização dos painéis em expansões, conforme já mencionado, e de reciclagem, principalmente dos componentes metálicos, minimizando a geração de resíduos sólidos ao final de seu ciclo de vida.

O revestimento metálico traz uma gama variada de cores, liberdade na geometria das chapas e dos encaixes e revestimentos de alta performance. Não há impedimento de que um painel seja revestido interna e externamente

por chapas de especificações diferentes.

São sintetizados abaixo os principais pontos fortes na utilização dos painéis metálicos isolantes como sistema de vedação externa:

- redução no prazo de entrega por se tratar de componente industrializado;
- redução de cargas, colaborando nas reduções dos gastos com fundações;
- manuseio e transporte mais fácil (e econômico) na execução do sistema;
- aumento de produtividade devido à praticidade na montagem e simplificação nos encaixes, reduzindo a necessidade de mão de obra;
- canteiro mais limpo e organizado;
- acabamento em chapas metálicas, oferecendo, além de importantes características de desempenho e durabilidade, alternativas de projeto.

É interessante ressaltar ainda que é possível compor o sistema de fachada associando os painéis metálicos isolantes a outras tecnologias de vedações, conforme ilustrado na Figura 3.8.



Figura 3.8 – Fachada de edifício comercial composta por painéis metálicos isolantes e vidros. (FINESTRA, 2004)

- Relação custo-benefício

Encontra-se no Anexo A deste manual uma tabela que elege fatores impactantes nos custos dos sistemas bem como avalia a magnitude deste impacto.

São brevemente apresentadas a seguir algumas observações importantes para o entendimento dessa tabela:

- Impacto na logística da obra: executar a vedação com painéis metálicos isolantes oferece uma possibilidade de redução no tempo de execução desta etapa, bem como de abreviação da etapa de execução de revestimentos, de modo que a ocupação do canteiro e o impacto no cronograma crítico da obra são reduzidos;

- Necessidade de equipamento: por se tratarem de materiais leves, o manuseio dos painéis demanda o uso de equipamentos de menor porte;

- Nível de pré-montagem: os painéis metálicos isolantes são fornecidos da maneira como serão utilizados na fachada, restando apenas a fixação e a execução das juntas;

- Velocidade de montagem: pelos dois últimos fatores, a produtividade desse sistema é relativamente alta, podendo se manter acima de 400 m²/dia para projetos que não impõe dificuldades geométricas e de acesso para montagem;

- Viabilidade de ajustes durante a montagem: por se tratarem de painéis industrializados modulados de acordo com o projeto inicial, ajustes em obra se fazem um empecilho;

- Terminalidade: os painéis não sofrem alterações, restando apenas a vedação e acabamento das juntas e arremates nas aberturas e extremidades;

- Necessidade de acabamento final: não se faz necessária a execução de revestimentos adicionais mas a pintura pode se degradar com o tempo;

- Incremento de desempenho acústico: o ganho de desempenho acústico para este sistema de vedação se dá modificando-se o núcleo do painel em sua espessura, densidade e/ou no material que o compõe;

- Incremento de desempenho térmico: análogo ao fator anterior;

- Incremento de segurança contra incêndio: análogo ao fator anterior. Vale ressaltar, neste caso, que os materiais mais indicados para atendimento do TTRF dos painéis são as

lãs minerais;

- Incremento em durabilidade: a responsabilidade do desempenho está mais relacionada às chapas metálicas e sua vida útil, notadamente dependente do revestimento utilizados na proteção do aço;

- Manutenibilidade: para que se preservem as características de desempenho são necessários cuidados com as chapas metálicas, como rotinas de limpeza e reparos de danos localizados;

- Cadeia Produtiva: há no mercado vários fabricantes e fornecedores de painéis, bem distribuídos no território nacional;

- Contrato e responsabilidade técnica: o fornecimento dos componentes do sistema costuma ser centralizado. Pode-se citar ainda que alguns fornecedores executam serviços de projeto e montagem, centralizando ainda mais a responsabilidade técnica pela fachada e seu desempenho;

- Estimativa de preço (R\$/m²): a faixa de preço fornecida engloba as diversas configurações do sistema, desde a mais básica (chapas em aço galvanizado com núcleo em PUR com 50 mm de espessura) às mais sofisticadas (núcleos em PIR com espessuras maiores que 120 mm revestidos por chapas metálicas em aço inox).

- Desempenho do PMI para fachadas

Tipicamente, painéis metálicos isolantes são empregados em construções de uso mais específico, sendo pouco utilizadas em projetos de edificações de múltiplos pavimentos. Os requisitos de desempenho são função da finalidade de uso do empreendimento, podendo estar sujeitos a normas específicas para cada caso.

De modo geral, devem ser adotados como referência os requisitos e critérios de desempenho de vedações externas estabelecidos na NBR 15.575-4 para edificações habitacionais (ABNT, 2013), conforme apresentado no capítulo 1 do presente manual.

Painéis metálicos isolantes (PMI) para vedação de fachadas

- Desempenho mecânico

Painéis metálicos isolantes como sistemas de vedação para fachadas não tem função estrutural, mas devem ser capazes de resistir às ações externas de cargas horizontais de vento, bem como aos efeitos da dilatação térmica das chapas que o compõem.

A NBR 15.575-4 prevê o atendimento as resistências de impactos (de corpo mole e corpo duro).

O lado interno da vedação deve resistir ainda à ação de cargas devido a peças suspensas sem poder apresentar fissuras, deslocamentos horizontais instantâneos ou deslocamentos horizontais residuais, lascamentos ou rupturas, nem permitir o arrancamento dos dispositivos de fixação nem seu esmagamento.

Em relação aos vãos livres ou espaçamentos máximos entre guias e montantes, cabe a cada fabricante recomendar valores para os diferentes tipos de painel, declarando os pressupostos utilizados. Caso as condições de projeto difiram dos pressupostos utilizados, a NBR 15.366-3 detalha um método para cálculo do vão autoportante máximo com base nas dimensões do painel e os módulos de rigidez dos componentes (metálico e isolante) do mesmo. (ABNT, 2006b).

- Desempenho acústico

Os requisitos de desempenho acústico para vedações podem variar consideravelmente, uma vez que o nível de ruídos sonoros é um fator mais crítico em ambientes onde se requer maior concentração para desenvolvimento das atividades planejadas, como hospitais e cinemas, e não tão importante em atividades de outras naturezas, como lazer, em shopping centers, ou em câmaras de armazenamento, como frigoríficos.

A Tabela 3.1 apresenta níveis de pressão sonora ponderado (Db(A)) para conforto acústico e aceitáveis, respectivamente, de acordo

com o tipo de atividade desenvolvida.

Caso seja necessário um melhor desempenho para que não se exceda os níveis de ruídos permitidos pela norma, pode-se valer da utilização de camadas adicionais compondo a vedação pelo lado interno, como com placas de gesso acartonado. Para vedações internas compostas por Drywall, por exemplo, eventualmente permeadas por um núcleo em lã mineral, o valor do índice ponderado de redução do som (Rw) obtido se encontrará entre 36 dB e 61 dB. (DE LUCA, 2011)

Tabela 3.1 – Níveis de ruído para conforto térmico de acordo com a natureza da atividade desenvolvida. *Valores aproximados. (Adaptado da NBR 10.152/1987)

Locais	Tipos de Ambiente	Db(A)
Residências	Dormitórios	35-45
	Salas de Estar	40-50
Hospitais	Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35-45
	Laboratórios, Áreas para uso do público	40-50
	Serviços	45-55
Auditórios	Salas de concertos, Teatros	30-40
	Salas de conferências, Salas de uso múltiplo	35-35
Shopping Centers*	Circulação, Serviços	45-55
	Restaurantes, Lojas	40-50
	Cinemas	35-45
Igrejas e Templos	Ambientes para cultos meditativos	40-50
Locais para esporte	Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60

- Desempenho Térmico

O coeficiente global de transmissividade de calor (usualmente representado pela letra "U") dos painéis é função da espessura do núcleo isolante e do material que o compõe. Assim, os painéis devem ser dimensionados de modo que este coeficiente esteja de acordo com as necessidades de isolamento térmico do projeto.

Tabela 3.2 – Características de materiais isolantes térmicos utilizados no núcleo de painéis metálicos isolantes. (INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR)

PUR/PIR (Poliuretano/Poliisocianurato)	Menor condutividade térmica dentre seus substitutos (melhor desempenho), com resistência térmica garantida a temperaturas em torno de 90°C, para o PUR, e 160°C, para o PIR, sendo este mais resistente ao fogo também;
EPS (Poliestireno Expandido)	É uma alternativa ao PUR de características semelhantes, por também se tratar de um material polimérico, mas de custo inferior e com desempenho termoacústico relativamente satisfatório;
LDR (Lã de Rocha)	Trata-se de uma fibra de origem mineral. Difere-se por ser um material incombustível, imputrescível e quimicamente inerte, mas também por apresentar uma condutância térmica maior do que os anteriores.

O coeficiente de transmissividade de calor (ou térmica) diz respeito a porção do calor incidente que será propagada através do material e transmitida adiante. Quanto menor esse coeficiente para um dado material, melhor será seu desempenho como isolante térmico.

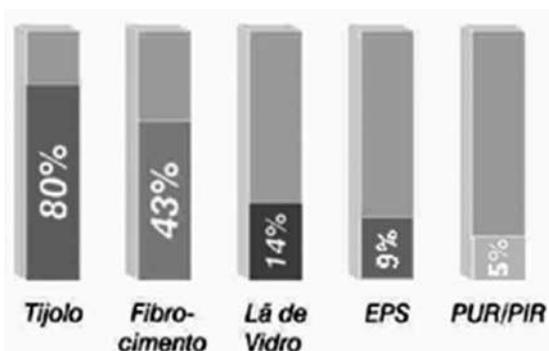


Figura 3.9 – Comparativo de transmissão de calor para diferentes tipos de materiais isolantes utilizados no núcleo dos painéis metálicos de vedação. (DÂNICA, 2013a)

A Figura 3.9 exibe um comparativo para ilustrar a eficiência no isolamento térmico do sistema com painéis metálicos isolantes, quer ele utilize EPS ou PUR/PIR, como material de preenchimento do núcleo, em relação às vedações tradicionais, para mesmas espessuras. Valores expressos para os materiais que tipicamente compõem os núcleos de painéis metálicos isolantes podem ser encontrados na Tabela 3.3.

Dessa forma, é possível entender como os painéis metálicos isolantes podem se valer

de pequenas espessuras para assegurar o desempenho requerido.

De modo geral, núcleos preenchidos por poliuretano com 50 mm de espessura são suficientes para satisfazer as necessidades de projeto de empreendimentos comerciais, como shoppings centers. (MCA, 2010).

Conforme disposto na NBR 16.401-2 (ABNT, 2008), salvo os casos de empreendimentos dedicados a atividades específicas, como câmaras frigoríficas, as temperaturas operacionais devem girar entre 22,5 °C e 26 °C, no verão, e 21 °C e 24 °C, no inverno.

Vale ressaltar que o isolamento térmico trabalha de forma colaborativa ao sistema interno de climatização, o que significa que para um melhor desempenho térmico da fachada, menor será o gasto energético para manutenção da temperatura de projeto.

- Segurança contra incêndio

Os níveis de inflamabilidade são definidos por normas específicas para cada material – como a NBR 7.538 (ABNT, 1989), no caso do Poliuretano, e a NBR 11.948, no caso do Poliestireno (ABNT, 2007) – que classificam os materiais de acordo com seu desempenho em ensaios sob condições padrões.

Define-se também outra propriedade, denominada reação ao fogo, como a contribuição dos materiais para o desenvolvimento de um

eventual incêndio, facilitando o seu crescimento e propagação, bem como às dificuldades que os materiais podem impor à extinção inicial e ao abandono do edifício. (ABNT, 2006a)

Os painéis metálicos isolantes devem ser capazes de proteger diretamente os usuários das edificações, dificultando a ocorrência e a propagação de incêndios e a geração de fumaça excessiva de forma a não impedir a fuga de seus ocupantes.

Em termos práticos, o objetivo é que os componentes do sistema de vedação atendam ao TRRF determinado pela Instrução Técnica nº08/2011 (PMSP, 2011), em função do tipo de ocupação e características da edificação, bem como que satisfaça os critérios de desempenho estabelecidos nas pelas normas relacionadas.

Ressalta-se o disposto na NBR 15.366-2 (ABNT, 2006a): “A avaliação de desempenho dos painéis deve ser feita no sistema completo, isto é, nas condições reais em que os painéis serão instalados, incluindo o produto com todos os seus revestimentos, selantes aplicados na fabricação, juntas padrão, acabamentos representativos e o método de instalação apropriado para o ensaio”.

A NBR 15.366-2 ainda dispõe os procedimentos para execução desses ensaios bem como os parâmetros para classificação dos painéis (ABNT, 2006a).

Isto implica que, apesar de os núcleos serem tipicamente compostos por materiais como Poliuretano e Poliestireno, que são relativamente vulneráveis ao fogo, deve-se considerar a atuação dos revestimentos em chapas de aço na proteção dos mesmos e o desempenho do sistema como um todo.

Ao contrário dos materiais poliméricos mencionados acima, encontram-se ainda disponíveis no mercado alternativas, como o Poliisocianurato, um material mais resistente a chamas que pode contribuir inclusive para a obtenção de certificações de desempenho contra incêndios (como o selo FM Global¹).

Outra solução, para situações de serviço mais críticas, seria o eventual emprego de materiais incombustíveis nos núcleos, caracte-

rística presente em alguns materiais de origem mineral, como a lã de rocha.

- Estanqueidade

Segundo a NBR 15.366-3 (ABNT, 2006b), painéis metálicos isolantes cujas faces metálicas atendam a uma inspeção visual podem ser considerados impermeáveis ao ar e a água, sendo a vedação do conjunto função de sua instalação.

Deve-se dar maior atenção aos detalhes críticos do sistema de fechamento, como juntas, fixações, cantos, quinas e topos, podendo valer-se do uso de selantes para garantir a estanqueidade do sistema por completo. Selantes a base poliuretano são os mais comumente empregados neste contexto

- Durabilidade do PMI

Fica sob responsabilidade dos diferentes fabricantes mencionar os cuidados a serem tomados na manutenção do sistema (ABNT, 2006b), como limpeza periódica e reparos na pintura.

Por se tratar de um material com a face externa metálica, ainda deve haver cuidado em relação à corrosão.

Para evitar a corrosão dos componentes metálicos devem-se tomar as seguintes medidas básicas:

- adequada especificação do revestimento do aço e/ou da pintura das chapas de acordo com a agressividade do ambiente onde o produto estará aplicado;
- a estanqueidade do sistema de fachada deve ser capaz de impedir a presença de fluidos condutores nas interfaces metálicas;
- regiões de interação entre metais diferentes, como juntas de fixação, demandam maior cuidado, tão maior quanto for a diferença de potencial eletroquímico entre os metais presentes.

¹ *Factory Mutual Global (FM Global)* é uma organização americana de gerenciamento de riscos e de resseguros industriais, que fornece selos de qualidade referentes à eficácia do desempenho de equipamentos.

É importante ainda observar que sempre existirá algum grau de corrosão entre dois metais em contato. Porém, a relação entre as áreas é extremamente importante para considerar se, mesmo havendo potencial de corrosão, é possível colocar os materiais em contato (por exemplo, em ligações parafusadas). A situação menos arriscada é aquela em que a área exposta que corrói (sofre redução) é significativamente menor em relação à região a ser corroída (sofrer oxidação).

Abaixo estão listadas algumas alternativas para que se garanta a durabilidade do sistema:

- aço zincado (galvanizado): o revestimento de zinco desempenha a proteção por dois mecanismos distintos: proteção por barreira exercida diretamente pela camada de revestimento e proteção sacrificial, operante nos casos de exposição simultânea do par aço-zinco (arranhões, cortes e bordas expostas).

- aço galvalume: este é o nome comercial dado para a chapa de aço revestida com liga de alumínio (55%)-zinco (43,5%)-silício(1,5% - porcentagens em massa), resultando em um material de alta resistência à corrosão e a altas temperaturas sem sofrer descoloração. Bom desempenho em áreas industriais e marinhas, além de menor absorção de calor em relação a outros tratamentos para o aço.

- aço pré-pintado (Figura 3.10): quando aplicada ao aço, a pintura age principalmente no sentido de inibir a corrosão, tendo ainda variadas paletas de cores para o design estético da fachada. Pode se valer de tintas de diferentes composições, bem como de camadas de revestimento de espessuras variáveis, para responder às necessidades de proteção contra a corrosão e a radiação solar.

- aço inoxidável: trata-se de uma liga metálica de aço que além dos típicos componentes contém também cromo e eventualmente outros

metais adicionais (e.g. níquel, tungstênio) em sua composição. Seus parâmetros de resistência mecânica, ductilidade e resistência à corrosão são função de sua composição e do tratamento térmico recebido.

- alumínio: por se tratar de um metal com baixo potencial corrosivo, pode-se empregá-lo na composição das chapas metálicas para operação em zonas de maior agressividade. Deve-se ter em mente, porém, seu decréscimo de resistência mecânica quando comparado ao aço.



Figura 3.10 – Composição do aço pré-pintado, considerando a exposição a ambientes moderadamente agressivos (a face superior representa a face externa). O revestimento em zinco ou em liga de alumínio-zinco é opcional (PERFILOR, 2007)

- Projeto de vedações de fachada com PMI

- Especificação e dimensionamento

O sistema de painéis metálicos isolantes industrializados enquanto sistema de vedação externa é responsável por conferir a segurança requerida para a estrutura bem como a manutenção de condições para o desenvolvimento de atividades no interior da edificação.

É atribuição do projetista dimensionar os elementos desse sistema garantindo o desempenho esperado.

Em relação a conforto térmico, a fim de evitar alternativas com alto custo operacional, tanto energético quanto financeiro, dimensiona-se o núcleo do painel visando minorar a troca de calor entre meio externo e o ambiente in-

Painéis metálicos isolantes (PMI) para vedação de fachadas

terno.

Conforme mencionado no Item 2.3, quanto menor o coeficiente de transmissão global de calor de um sistema de vedação, mais eficaz do ponto de vista energético será a operação do sistema de climatização interna da edificação.

Aumentar a espessura de um núcleo reduz o coeficiente de transmissão de calor dos painéis como um todo, trazendo um ganho em desempenho térmico sem grande impacto no peso próprio do sistema, conforme ilustrado na Tabela 3.3

Tabela 3.3 – Características técnicas dos painéis de acordo com as propriedades do núcleo (revestido por chapas metálicas de 0,5mm de espessura). (Adaptado de TECTERMICA, 2013)

Material do Núcleo Isolante	Espessura (mm)	Coeficiente de Transmissão de calor (W/m ² .K)	Peso Próprio (Kg/m ²)
EPS	50	~0,6848	~9,82
	100	~0,3630	~10,54
	150	~0,2470	~11,27
PIR/PUR	50	~0,4905	~11,33
	100	~0,2557	~13,22
		~0,1732	~15,49

Na Tabela 3.2 (Seção 3.2.3) estão dispostas as principais características dos materiais dispostos acima.

Como se trata de um produto pré-fabricado, deve-se adequar, na etapa de projeto, as dimensões da estrutura à modulação dos painéis. Seu comprimento usualmente é definido na faixa de valores entre 1,00 m e 12,00 m, respeitadas as restrições de transporte.

Vale ressaltar que as chapas externas podem estar sujeitas a temperaturas de serviço em torno de 80°C, quando em cores escuras. A fim de reduzir a temperatura de serviço efetiva, pode se lançar mão de cores mais claras e revestimentos refletivos de radiação solar.

- Fixações de painéis

A fixação dos painéis é feita diretamente nas guias e montantes da estrutura metálica, podendo ser necessária à instalação de uma subestrutura de apoio para a fixação completa do sistema para que sejam respeitados os espaçamentos máximos permitidos.



Figura 3.11 – Estrutura e subestrutura em aço de um shopping center recebendo vedações externas em painéis metálicos isolantes. O sistema tem sido utilizado largamente no Brasil em obras como esta principalmente devido à facilidade de instalação e por ser uma solução construtiva acessível.

Os painéis metálicos isolantes formam um sistema de vedação vertical não-estrutural, de modo que o sistema estrutural da edificação deve ser responsável por resistir a todas as cargas dos mesmos.

A Figura 3.12 mostra a seção transversal de uma fachada com painéis metálicos isolantes. Notar a subestrutura auxiliar, a placa

interna de gesso acartonado e, por fim, a compartimentação vertical em material corta fogo, responsável pela segurança contra a propagação de incêndios.

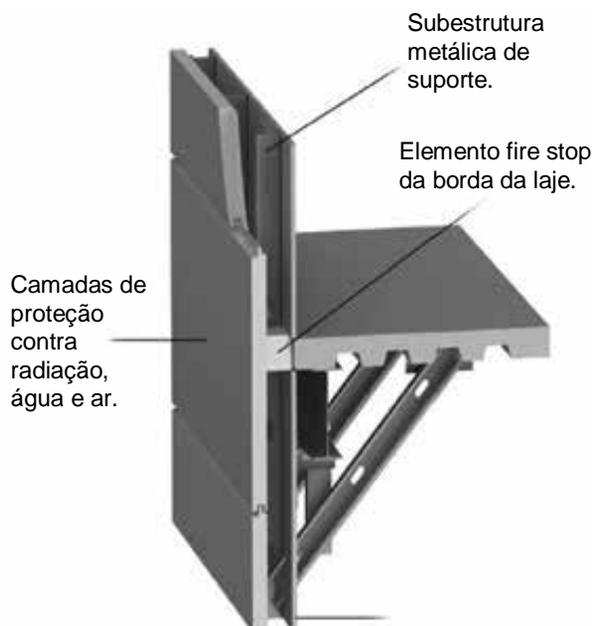


Figura 3.12 – Detalhe de interação entre o painel e a estrutura auxiliar de suporte. (MCA, 2013b)

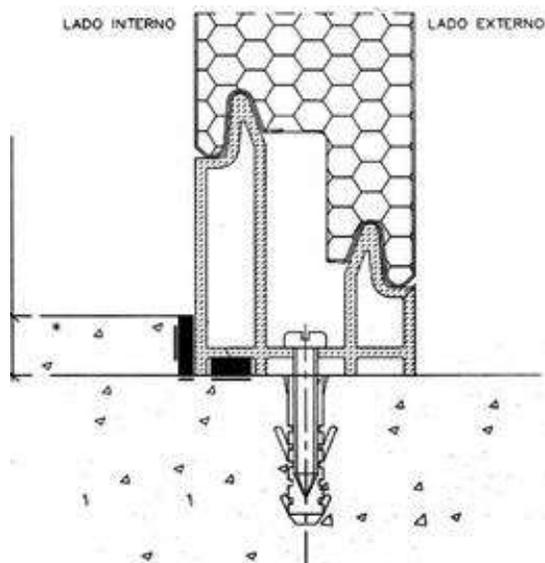


Figura 3.13 – Detalhe de projeto do elemento da subestrutura de apoio posicionado no piso e sua fixação. (DÂNICA, 2013a)

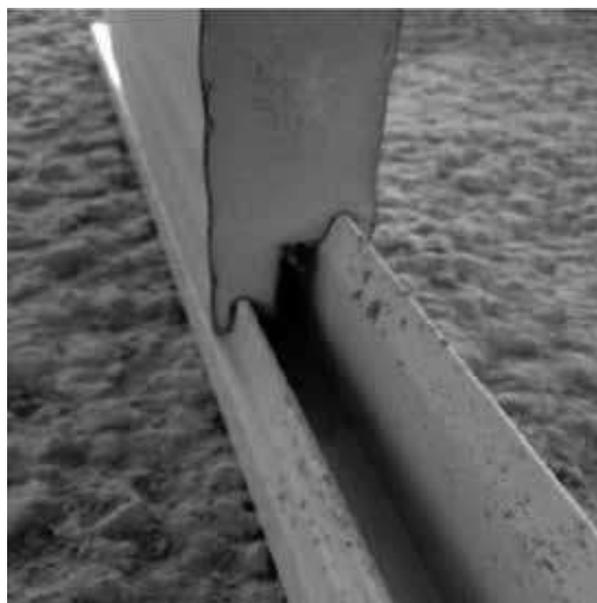


Figura 3.14 – Detalhe do perfil guia no piso e do encaixe com o painel metálico isolante. (DÂNICA, 2013b)

No caso de haver um sistema de fachada com mais componentes além dos painéis metálicos isolantes, pode-se executar um suporte intermediário suspenso, junto dos componentes adjacentes, em lugar de um apoio diretamente no piso (Figuras 3.15 e 3.16).

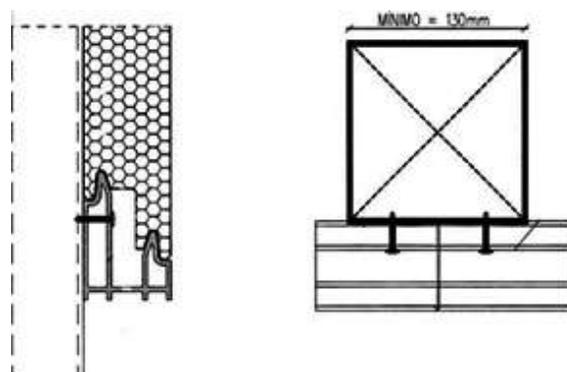


Figura 3.15 – Detalhe de fixação e emendas de apoio suspensos. (DÂNICA, 2013a)



Figura 3.16 – Detalhe de encaixe entre apoio suspenso e painel metálico isolante. (DÂNICA, 2013b)

É possível notar que as interfaces dos painéis com guias, estrutura auxiliar e estrutura principal não ficam aparentes do lado externo, protegendo os elementos de fixação, estes sendo pontos críticos no que diz respeito à ocorrência de corrosão galvânica.

- Detalhes e juntas entre painéis

As juntas de topo entre um painel e outro são feitas por encaixe, no sistema macho e fêmea (Figura 3.17), sem necessidade de vedações com selantes – uso a critério do projetista. Isso garante o desempenho a partir do instante da montagem.

As juntas de união lateral (Figura 3.18), por sua vez, são executadas com o auxílio de um perfil metálico intermediário, parafusado à estrutura principal da edificação ou à subestrutura metálica auxiliar, e vinculado aos painéis utilizando-se um meio mais simples, como fita adesiva, por exemplo.

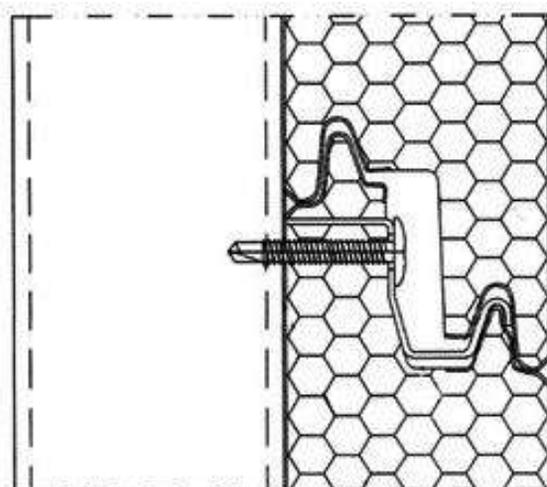


Figura 3.17 – Detalhe em corte de fixação e encaixe dos painéis. (DANICA, 2013a)

Deve-se fixar o painel inferior junto à estrutura metálica antes do posicionamento do painel superior, visto que os parafusos ficarão embutidos e conseqüentemente protegidos de agentes externos pelo encaixe.

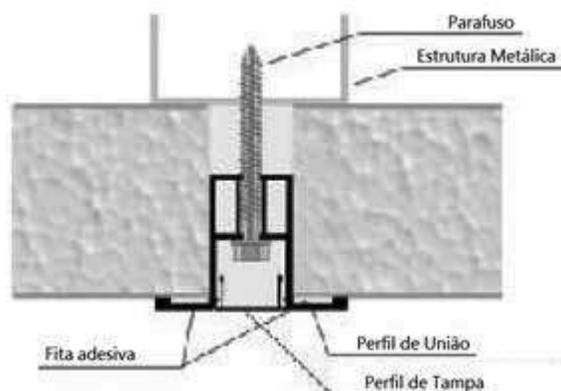


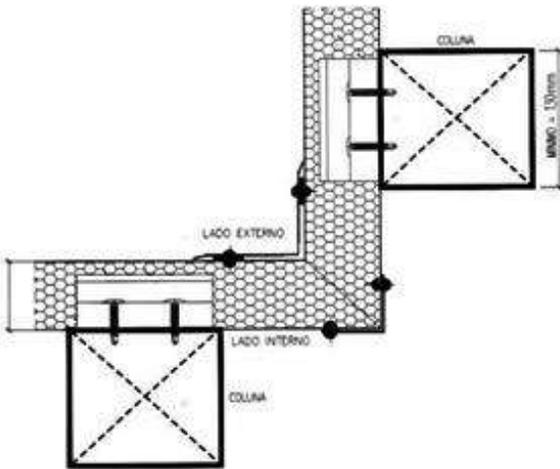
Figura 3.18 – Detalhe de corte em planta da união de painéis adjacentes e da fixação do perfil de união lateral. (DÂNICA, 2013a)

A Figura 3.19 ilustra de forma mais clara o fato de o sistema de fixação ser embutido, deixando aparente apenas o acabamento metálico das chapas que compõem os painéis, uma vez que estes não demandam revestimento externo adicional. Cantos e quinas, bem como fechamentos de topo, têm seu acabamento realizado com perfil metálico semelhante ao acabamento de união lateral de painéis adjacentes. Estas juntas especificamente podem

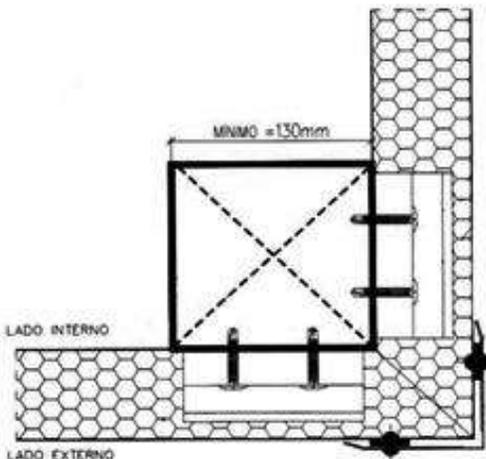
demandar o uso de selantes, para garantir a vedação da edificação.



Figura 3.19 – Detalhe dos encaixes vertical e horizontal. (DÂNICA, 2013b)



Figuras 3.20 - Detalhes em planta da fixação de painéis metálicos isolantes em um canto. (DÂNICA, 2013a)



Figuras 3.20 e 3.21 - Detalhes em planta da fixação de painéis metálicos isolantes em uma quina. (DÂNICA, 2013a)

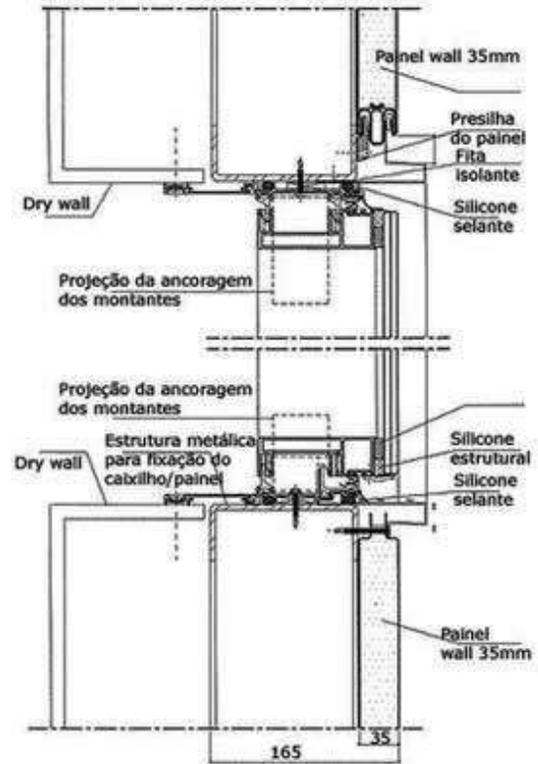


Figura 3.22 - Detalhe em corte de abertura para esquadria em fachada com painel metálico isolante. (FINESTRA, 2004)

- Sequência Executiva

A instalação dos painéis para composição da fachada, partindo da instalação das estruturas e subestruturas necessárias para tanto, é iniciada pelo encaixe da camada mais baixa de painéis, prosseguindo para o painel seguinte, na direção vertical. Entre dois painéis verticalmente adjacentes que já estejam fixados, executa-se a instalação do perfil de união lateral (Figura 3.23).

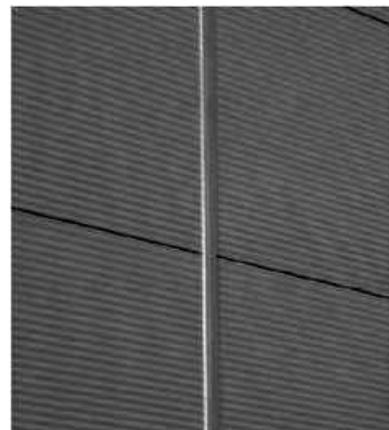


Figura 3.23 – Perfis de acabamento instalados na junta vertical entre painéis adjacentes. (DÂNICA, 2013b)

Durante a instalação do sistema, recomenda-se que as seguintes verificações sejam efetuadas (ABNT, 2006b):

- verificar o posicionamento das longarinas da estrutura auxiliar para fixação dos painéis, de forma a obedecer o projeto;
- verificar o prumo logo após a instalação do primeiro painel na vertical, e repetir a verificação a cada cinco painéis montados;
- verificar os encaixes painel a painel;
- os acabamentos devem ser executados após a instalação dos painéis: aplicação de selantes, espuma de poliuretano em cavidades consequentes a instalação e, por fim, perfis de acabamento.



Painéis pré-fabricados de
concreto (PFC) para
vedação de fachadas

Contextualização e aplicações

- Painéis pré-fabricados de concreto (PFC) e sua utilização em fachadas

Os painéis pré-fabricados de concreto consistem em uma vedação executada por acoplamento de placas pré-fabricadas de grande massa. Os painéis apenas podem ser transportados e instalados com a utilização de equipamentos de grande porte e normalmente não têm função estrutural.



Figura 4.1 – Fechamento com painéis pré-fabricados de concreto. (Acervo INOVATEC CONSULTORES)

Estes painéis são na maioria das vezes pré-fabricados fora do canteiro de obras e sua geometria segue quase sempre uma modulação definida no projeto de arquitetura.

Eles são ancorados à estrutura principal por meio de dispositivos metálicos que devem também permitir os ajustes de instalação.

É possível a utilização de diferentes tipos de revestimentos, como pintura, argamassas decorativas e placas cerâmicas, sendo comum por parte dos fabricantes a produção de amostras em diferentes tamanhos para aprovação prévia do cliente (vide Figura 4.2).

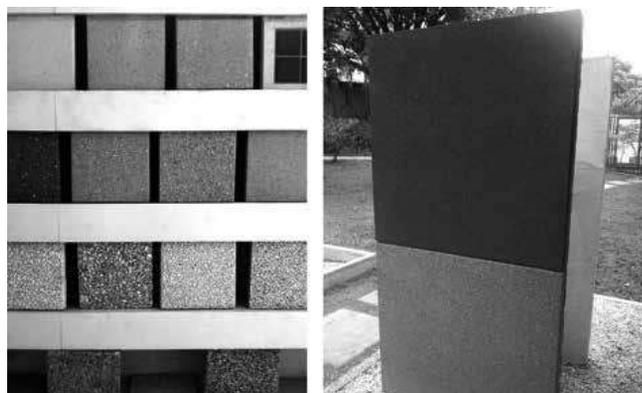


Figura 4.2 – Amostras em diferentes escalas para auxílio na escolha do revestimento aplicado ao painel pré-fabricado utilizado como vedação de fachada. (HISADA et al., 2013)

O sistema é considerado como uma vedação vertical pesada, uma vez que seu peso específico normalmente excede o limite para vedações leves convencionado em 60 kg/m^2 de acordo com NBR 15.575 (ABNT, 2013).

- Tipos de painéis para fechamento

De acordo com classificação do American Concrete Institute – ACI (1993), os painéis pré-fabricados de concreto para fachada podem ser divididos de acordo com a geometria de sua seção transversal em maciços - seção constituída de um único material - e alveolares - seção possui vazios longitudinais.



Figura 4.3 – Fechamento com painéis alveolares. (GRANDE, 2009)

Os painéis alveolares são produzidos no Brasil normalmente em concreto protendido com largura de 100 cm a 125 cm e com espessuras de 9, 12, 16, 20, 25 e 30 cm, eventualmente chegam a 50 cm.

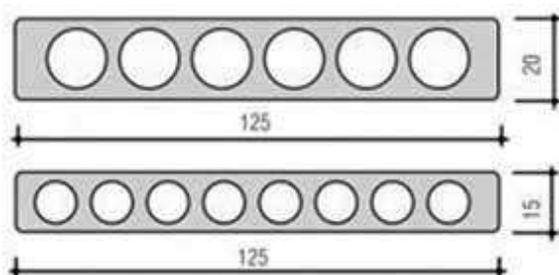


Figura 4.4 – Seção transversal de um painel alveolar com largura e espessuras típicas. (CASSOL, 2012)

O painel de 15 cm de espessura utilizado para vedação, por exemplo, possui peso de cerca de 240 kg/m². (CASSOL, 2012).

- Processo de fabricação e repercussões no desempenho

Os PFC são fabricados a partir de uma mistura de cimento Portland, agregados (brita e areia), aditivos como superplastificantes, água e, eventualmente, pigmentos inorgânicos, que conferem cor ao painel.

O emprego desses aditivos permite reduzir a relação água-cimento na dosagem do concreto, sem que haja prejuízo de sua trabalhabilidade, de forma que, ao final, obtenha-se um produto com baixa porosidade, elevada resistência mecânica e impermeabilidade.

O processo de produção é comum aos pré-fabricados de concreto de grande porte, mas a concretagem é dividida em duas etapas. Na parte final do processo pode-se introduzir algumas técnicas para obtenção do acabamento superficial desejado como jateamento e lixamento.



Figura 4.5 – Etapas do processo de fabricação dos painéis até sua instalação. (HISADA et al., 2013)

Painéis pré-fabricados de concreto (PFC) para vedação de fachadas

É possível confeccionar as fôrmas dos painéis já com previsão das aberturas definidas na arquitetura como ilustra a Figura 4.6.



Figura 4.6 – Fôrma de aço customizada para atender projeto específico de painéis de fachada. (HISADA et al., 2013)

O concreto lançado na fôrma é vibrado, promovendo melhor adensamento da mistura. Os painéis recém-moldados passam por um processo de cura controlada até que atinjam a resistência desejada.

Para acelerar a desforma usualmente é utilizado cimento Portland tipo CP V ARI para dosagem do concreto.

O fabricante deve controlar cuidadosamente a qualidade da matéria prima e homogeneidade da produção para evitar variações de tonalidade dos painéis com função de vedação de fachada.

Além disso, devem ser controladas a resistência e a precisão dimensional dos painéis com o intuito de minimizar a dificuldade de montagem devido a imprecisões geométricas dos painéis como as verificadas na Figura 4.7.

Os fabricantes recomendam estocar os painéis na posição horizontal, utilizando-se calços de madeiras entre estes a uma distância mínima de 30 cm das extremidades. Também é possível armazená-los na posição vertical, desde que a borda inferior esteja devidamente protegida e calçada. (STAMP, 2013)

Os painéis têm instalados ganchos especiais para serem transportados do pátio da



Figura 4.7 – O afastamento entre painéis pré-fabricados precisa ser uniforme para facilitar a vedação e conferir estética adequada. (OLIVEIRA; SABBATINI, 2004)

fábrica por meio de pontes rolantes que carregam os veículos que farão o transporte até o canteiro.

- Onde e por que utilizar o sistema em PFC

O sistema de pré-fabricados de concreto pode ser utilizado para vedação de fachada em praticamente todo tipo de edificação, desde edifícios industriais e comerciais até mesmo residenciais.



Figura 4.8 – Edifício da biblioteca central da PUC, em Campinas. Uso de painéis pré-fabricados para fechamento de edificação em estrutura metálica de aço. (foto Bebete Viegas. Projeto Arquitetura Piratininga Arquitetos Associados PAA)

A redução do custo fixo da obra propiciada pela possibilidade de se reduzir o prazo final do cronograma tem permitido que este sistema ganhe espaço no cenário da construção civil, sobretudo em relação ao sistema convencional de vedação em alvenaria de blocos. Tal redução pode ser ainda mais significativa quando a edificação também for executada em estrutura em aço e quando os painéis são fornecidos com acabamento final.



Figura 4.9 – Aspecto da montagem dos painéis da fachada da biblioteca central da PUC. Os painéis são suspensos, apoiados nas vigas metálicas e então fixados com cantoneiras de aço. (Acervo PAA)

- Características do sistema em PFC para fachadas

A instalação do sistema envolve basicamente três etapas principais, a saber:

- instalação das ancoragens na estrutura (lajes/pilares);
- içamento e acoplagem nas ancoragens;
- tratamento das juntas.

Com auxílio de grua ou guindaste, os painéis são descarregados no canteiro e então estocados até o momento do içamento e fixação na posição final. Durante a fixação é necessário alinhar e nivelar os painéis e as ancoragens devem permitir os ajustes previstos.

A produtividade da montagem pode variar bastante de acordo com a complexidade do projeto e com os tipos de dispositivos proje-

tados para permitir os ajustes. Por outro lado, uma equipe composta de 6 a 8 pessoas pode instalar 10 painéis por dia para uma carga horária diária de 6 horas em condições normais de operação. (STAMP, 2012).

A pré-fabricação não só permite a inspeção dos componentes antes da montagem na obra, como também traz racionalização ao canteiro de obras.

A racionalização obtida provém do uso mais efetivo da mão de obra alocada e da redução do espaço necessário no canteiro para o recebimento, estocagem, transporte e manuseio de materiais, quando comparado ao sistema convencional de vedação em alvenaria de blocos.

Limitações e soluções

A necessidade de equipamento de maior capacidade para a instalação do sistema, devido ao elevado peso dos painéis pode induzir a maiores custos, além de requerer uma logística mais elaborada no canteiro de obras.

Ainda assim, a possibilidade de redução do prazo final da obra pode trazer vantagens econômicas, de tal modo que a solução passe a ser viável.

Esse potencial competitivo só pode ser plenamente aproveitado a partir do momento em que se faz um planejamento da obra adequado às características e necessidades desse sistema de vedação. Para isso, vale destacar a importância de dois fatores.

O primeiro diz respeito à elaboração de um projeto detalhado, que tenha em vista a compatibilização das interfaces entre os subsistemas e o atendimento aos requisitos mínimos de desempenho estabelecidos em norma (OLIVEIRA; SABBATINI, 2004).

Em segundo lugar, é possível colocar em evidência a adequação do planejamento e da logística no canteiro de obras, de modo a tornar o trabalho mais produtivo. Nesse sentido, destacam-se os seguintes pontos relevantes ao planejamento da obra:

- atenção à locação das gruas disponí-

veis, de modo que elas possam capacidade para transportar os painéis para pontos distantes do seu eixo;

- estabelecer, junto ao fabricante, procedimentos para solucionar casos em que houver peças fora das tolerâncias de montagem; e
- procurar dar sequência à montagem, pavimento por pavimento, de modo que haja disponibilidade das diferentes peças no momento em que são necessárias.

Um projeto em que não haja grande diversidade de painéis, no que diz respeito ao comprimento, forma, cor ou textura, é beneficiado. Pode-se assim antecipar ou eliminar etapas no processo de produção. Um exemplo disso é a possibilidade de se posicionar os apoios das fixações dos painéis no momento da concretagem da laje, no lugar de se realizar cortes após sua cura.

Outra preocupação diz respeito à eventual imprecisão geométrica dos painéis promovida durante o processo de fabricação, onde não somente o preenchimento das juntas entre painéis fica prejudicado, como também, por vezes, é possível perceber o desalinhamento dos painéis e juntas, trazendo prejuízos à estética do empreendimento como mostra a Figura 4.10.



Figura 4.10 – Desalinhamento das juntas entre painéis pré-fabricados em uma obra de um centro comercial. (Acervo: Inovatec Consultores)

- Relação custo-benefício

Encontra-se disposta no Anexo A deste manual uma tabela que elege fatores impactantes nos custos dos sistemas bem como avalia a magnitude deste impacto. Estes mesmos fatores são abordados aqui, mas do ponto de vista específico do sistema de vedação em painéis pré-fabricados, a saber:

- Impacto na logística da obra: executar a vedação com painéis pré-fabricados de concreto oferece uma montagem ágil, mas demanda o uso de equipamentos de grande porte. Esse sistema oferece ainda a opção de ser instalado previamente revestido, abreviando assim mais uma etapa da obra.

- Necessidade de equipamento: somente guindastes e gruas com alta capacidade podem transportar e posicionar os painéis;

- Nível de pré-montagem: os painéis pré-fabricados de concreto são fornecidos com acabamento final e solucionam o revestimento final da fachada e boa parte da vedação externa do edifício, restando somente o acabamento da vedação interna e o tratamento das juntas;

- Velocidade de montagem: atrelada ao nível de pré-montagem está o ganho na velocidade de execução do sistema em painéis pré-fabricados de concreto. Painéis de grandes dimensões garantem uma vedação rápida e definitiva;

- Viabilidade de ajustes durante a montagem: por se tratarem de painéis industrializados modulados de acordo com o projeto inicial, ajustes não previstos em projeto normalmente são inviáveis ou ocasionam custos consideráveis;

- Terminalidade: os painéis são produzidos já na configuração em que serão fixados à estrutura, inclusive com a aplicação de hi-

drofugantes, sendo necessário posteriormente apenas a aplicação de selante nas juntas;

- Necessidade de acabamento final: os painéis são fornecidos adequados ao projeto de arquitetura, de modo que não se faz necessária a execução de revestimentos adicionais em canteiro;

- Incremento de desempenho acústico: o ganho de desempenho acústico para o sistema de vedação se dá no simples aumento da espessura dos painéis que sendo de concreto atende com relativa facilidade este requisito;

- Incremento de desempenho térmico: análogo ao fator anterior. Cabe mencionar a alta inércia térmica do concreto frente às alternativas de vedação comumente disponíveis;

- Incremento de segurança contra incêndio: análogo ao fator anterior;

- Incremento em durabilidade: associada diretamente a durabilidade do concreto usado na fabricação dos painéis. Um ponto vulnerável pode ser os dispositivos metálicos de ancoragem;

- Manutenibilidade: os pontos críticos da manutenção são a necessidade de reaplicação de hidrofugante na superfície do concreto para preservar sua aparência e o tratamento das juntas com selante que tem vida útil limitada e por isso precisa ser removido e reaplicado depois de alguns anos;

- Cadeia Produtiva: a produção e o fornecimento de painéis pré-fabricados de concreto normalmente não sofrem restrições ou gargalos devido à grande disponibilidade de insumos, bem como o fato de ser uma tecnologia razoavelmente difundida no país;

- Contrato e responsabilidade técnica: a seleção dos materiais, dosagem, mistura;

moldagem, cura e demais processos envolvendo a fabricação do produto são executados pelo fabricante, além do projeto e da montagem da fachada;

- Estimativa de preço (R\$/m²): a faixa de preço fornecida engloba variações relacionadas às possíveis configurações dos painéis, estes podendo ser alveolares ou maciços e ter diferentes espessuras, e o emprego de diferentes materiais no tratamento dos painéis e na execução das juntas.

- Desempenho do pfc para fachadas

Ainda que a NBR 15.575 estabeleça critérios de desempenho para edificações habitacionais, é possível utilizá-los como referência para demais tipologias de edificações que façam uso do sistema em painéis pré-fabricados. Desta forma, os sistemas com painéis pré-fabricados de concreto também devem atender aos requisitos previstos na parte 4 da NBR 15.575.

- Desempenho estrutural

O sistema em painéis pré-fabricados de vedação para fachadas não tem função estrutural, mas deve ser capaz de resistir às ações externas de cargas horizontais de vento ou abalos sísmicos, bem como aos efeitos da dilatação térmica.

Os requisitos da NBR 15.575, expostos na introdução deste manual, preveem atendimentos às resistências de impacto de corpo duro e de corpo mole (lado interno e externo).

Quanto aos critérios a serem observados em relação à resistência ao impacto de corpo mole, por se tratar de uma vedação vertical pesada, deve ser superior a 60 kg/m², como mostra o capítulo introdutório do manual.

- Desempenho acústico

Os valores do índice de redução sonora obtidos pelo sistema por meio de ensaios de laboratório (R_w) devem atender aos valores descritos na NBR 15.575 e apresentados na introdução.

Alguns painéis pré-fabricados de concreto proporcionam um Índice de Redução Sonora (R_w) superior a 40 dB (HISADA et al., 2013).

- Desempenho térmico

A NBR 15.575 estabelece valores máximos para a transmitância térmica (U) e mínimos para a capacidade térmica (CT).

Uma solução para potencializar o isolamento térmico das vedações externas que fazem uso dos PFC é a utilização de lã de vidro no seu interior, evitando a concentração de calor, o que reduz o consumo de energia em

ambientes climatizados (ALMEIDA, 2010). Há ainda a possibilidade de se acrescentar espuma rígida de poliuretano entre as cavidades e o concreto exterior, de modo a potencializar o isolamento.

- Segurança contra incêndio

A NBR 14.432 estipula, em função do tipo de ocupação e das características da edificação, diferentes níveis de Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) para vedações, tal como foi apresentado na introdução deste manual.

A resistência ao fogo do sistema, por sua vez, varia em função da espessura do painel de concreto e da natureza dos agregados que o compõem, conforme apresenta a Tabela 4.1.

Essa tabela permite inferir que o uso de agregados leves retarda a transmissão de calor, proporcionando maior resistência ao fogo.

Tabela 4.1 – Resistência ao fogo de painéis de concreto maciço em função do tipo de agregado. (OLIVEIRA; SABBATINI, 2004)

Tipo de agregado	Espessura em função da resistência ao fogo (mm)			
	1 hora (60min)	2 horas (120min)	3 horas (180min)	4 horas (240min)
Agregados tipo III	65	95	120	140
Agregados tipo II	85	120	150	170
Agregados tipo I	90	130	155	180

Consideram-se como agregados tipo III, os agregados leves como a argila expandida e a vermiculita.
Consideram-se agregados tipo II as pedras calcárias
Consideram-se agregados tipo I os quartzos, granitos e basaltos

Para atingir um TRRF de 120 minutos, um painel pré-fabricado de concreto, que utilize agregados tipo II, deve possuir espessura superior a 120 mm. Por outro lado, um painel que tenha agregados leves (tipo III), como a argila expandida e a vermiculita, em sua composição deve possuir espessura superior a 95 mm.

Outro aspecto a ser abordado é a integridade estrutural dos dispositivos de fixação, sendo possível elencar ao menos duas soluções para prevenir seu colapso em caso de incêndio. Na primeira solução, as fixações

estão embutidas na laje de concreto de cada pavimento, com cobrimento mínimo de 3 cm. Na segunda solução, não apenas as fixações do sistema de vedação, mas também todos os perfis da estrutura metálica da edificação devem ser protegidos com argamassa de vermiculita projetada, como ilustra a Figura 4.11.



Figura 4.11 – Argamassa de vermiculita projetada sobre os perfis da estrutura metálica. (Acervo INOVATEC CONSULTORES)

- Estanqueidade

Ainda que o grau de fissuração nos painéis de concreto represente um potencial caminho para a infiltração de água e ar, conforme ilustrado na Figura 4.12, pode-se dizer que as juntas entre painéis constituem o ponto crítico do sistema do ponto de vista da estanqueidade.



Figura 4.12 – Pannel pré-fabricado de concreto que apresentou fissura no sentido transversal a sua maior dimensão. Foi utilizada injeção de polímero na recuperação. (Acervo: Inovatec Consultores)

Nesse sentido, vale compreender como funcionam as juntas, as quais podem ser classificadas em (OLIVEIRA, 2002):

- abertas, cuja estanqueidade à água

é garantida pela geometria ou pela introdução de dispositivo de drenagem; e

- seladas, quando recebem um material selante que confere estanqueidade à junta.

Quanto às juntas abertas, uma possibilidade é fazer uso de encaixes do tipo “macho-fêmea” para as juntas horizontais, conforme ilustra a Figura 4.13. Esta junta tem uma geometria que permite dispensar o uso de materiais de preenchimento sem que a estanqueidade do sistema à água seja prejudicada.

Tendo em vista seu não preenchimento, a estanqueidade ao ar das juntas abertas é inferior quando comparadas às juntas seladas. Por outro lado, as juntas seladas apresentam uma desvantagem que decorre do fato do seu desempenho ser dependente da durabilidade do material selante.

Nesse sentido, o material de preenchimento das juntas seladas, normalmente um selante à base de silicone mono-componente, deve promover a estanqueidade do sistema e apresentar durabilidade adequada, não devendo ressecar e desagregar. Este pode receber pigmento, a fim de uniformizar com a cor dos painéis da fachada (OLIVEIRA; SABBATINI, 2004).

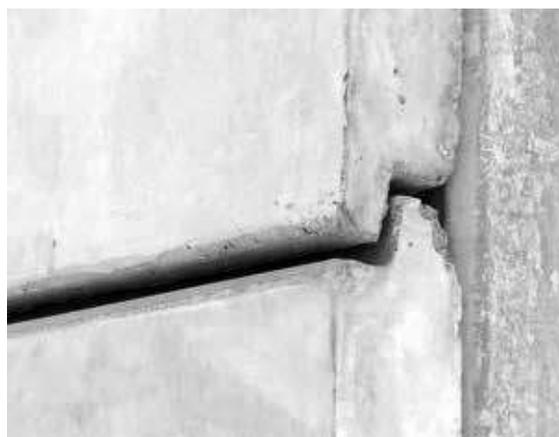


Figura 4.13 – Sistema macho-fêmea em juntas horizontais abertas. (Acervo: Inovatec Consultores)

A Figura 4.14 ilustra o processo de preenchimento das juntas entre painéis com tarugo e posterior selagem com silicone.



Figura 4.14 – Tratamento das juntas entre painéis com selante. Observar o uso de limitadores de fundo para definir adequadamente a seção do material. (Acervo: Inovatec Consultores)

Dessa forma, deve haver uma preocupação quanto à imprecisão dimensional dos painéis, uma vez que causam interferência no preenchimento das juntas.

Juntas estreitas, de espessura inferior a 10 mm, podem não acomodar as deformações resultantes da dilatação térmica, comprometendo o desempenho do selante. Juntas largas, por outro lado, além de apresentarem consumo excessivo de selante, podem oferecer dificuldades que impliquem em falhas de preenchimento.

4.2.6 Durabilidade

Apesar da inexistência de normas brasileiras que tratem especificamente da durabilidade dos painéis, pode-se chamar a atenção ao respeito do cobrimento mínimo de concreto, de modo a preservar a armadura, que é responsável por estruturar o painel.

O cobrimento de concreto visa proteger o aço contra corrosão e é definido em função da classe de agressividade ambiental a qual os painéis estão sujeitos. Deve-se tomar cuidado

com o uso de painéis muito delgados ou com cobrimentos reduzidos.

É importante ressaltar ainda os cuidados com relação à conservação das fixações, já que, uma vez comprometidas, podem trazer riscos de acidentes graves. Nesse sentido, caso as fixações metálicas estejam sujeitas à degradação por corrosão, deve-se prever algum tipo de tratamento.

Pode-se aplicar tinta de fundo anticorrosivo e pintura de acabamento com tinta à base de epóxi sobre dispositivos em aço-carbono, ou substituí-lo por aço zincado a fogo ou inoxidável, segunda a exigência do projeto.

A Figura 4.15 mostra os dispositivos de fixação dos painéis da cobertura em aço-carbono, pintados com tinta de fundo anticorrosiva (OLIVEIRA, 2004).

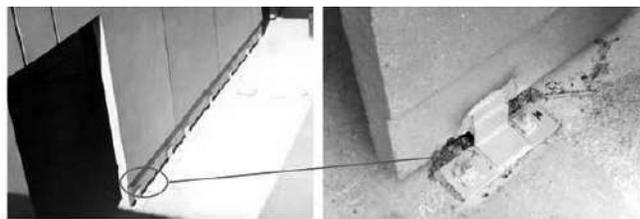


Figura 4.15 – Dispositivos de fixação dos painéis da cobertura pintados com tinta de fundo anticorrosiva. (OLIVEIRA; SABBATINI, 2004)

- Projeto de vedações de fachada com PFC

- Dimensionamento do painel

O painel pré-fabricado de concreto é responsável por conferir a segurança estrutural requerida às fachadas, de forma que seu dimensionamento resista à ação do vento, transporte e peso próprio ao longo de sua vida útil.

Durante sua fabricação, todavia, os painéis passam por várias etapas que podem introduzir tensões e fissuras caso o material ainda não tenha atingido resistência suficiente.

As principais etapas onde isso pode ocorrer são a desforma, transporte para armazenamento e transporte para a obra. É por isso que o projeto deve prever resistências específicas para o manuseio dos painéis em cada uma

destas etapas bem como reforços e detalhes próprios para evitar fissuras, danos e quebras.

- Fixações

OLIVEIRA (2002) sugere classificar as fixações em três tipos, a saber: as de apoio vertical, as de alinhamento e as de apoio lateral.

As fixações de apoio vertical visam transmitir o peso próprio do painel à estrutura suporte, sendo que de modo geral os painéis permanecem suspensos na viga do pavimento superior.

As Figuras 4.14 a 4.17 ilustram algumas possibilidades dentre as diferentes tipologias de fixações verticais dos painéis em estruturas de aço e concreto.

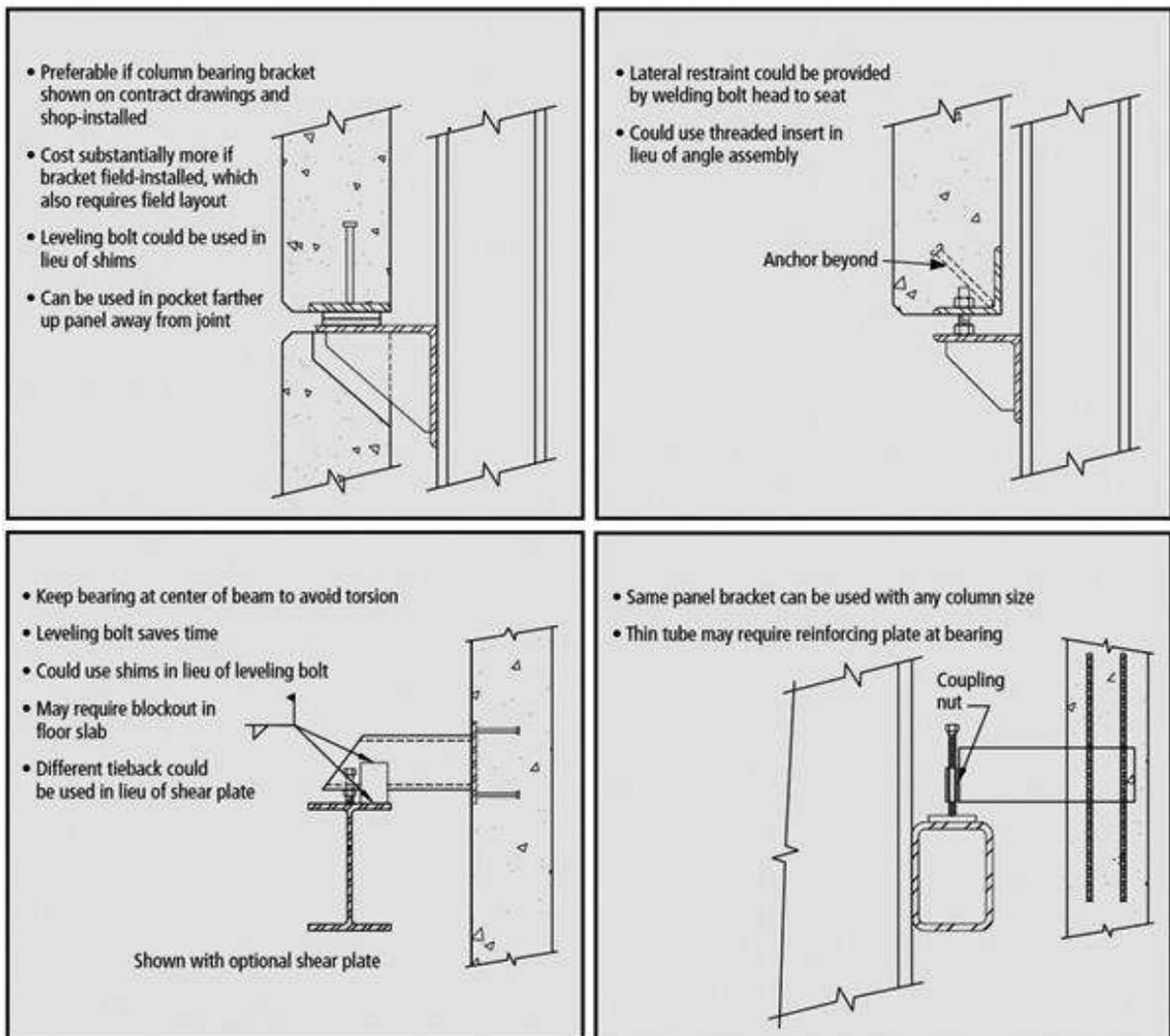


Figura 4.16 – Detalhes das fixações de apoio vertical em estruturas de aço e concreto. No detalhe superior à esquerda é preferível quando as cantoneiras de apoio do pilar são previamente instaladas. Parafusos de nivelamento podem ser usados no lugar dos espaçadores. No detalhe superior à direita, a restrição lateral pode ser obtida soldando-se a cabeça do parafuso à cantoneira inferior. No detalhe inferior à esquerda, o apoio deve ficar bem no eixo da viga para evitar torção na mesma. O parafuso de nivelamento permite precisão e rapidez no ajuste. Uma placa de travamento deve ser soldada para travamento. No detalhe inferior direito, o mesmo tipo de cantoneira pode ser utilizada para qualquer tamanho de pilar. O tubo de apoio pode requerer reforço e funciona como base para o parafuso de ajuste. (PCI, 2007)

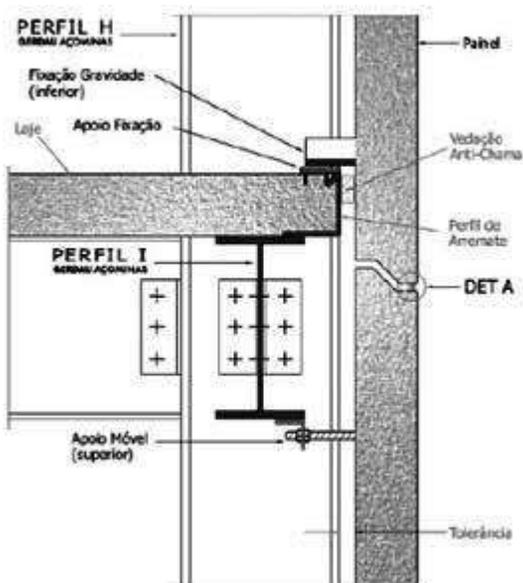


Figura 4.17 – Detalhe de fixação de apoio vertical. (COELHO, 2007)



Figura 4.20 – Dispositivo com parafuso de regulagem de nível. (Acervo INOVATEC CONSULTORES)

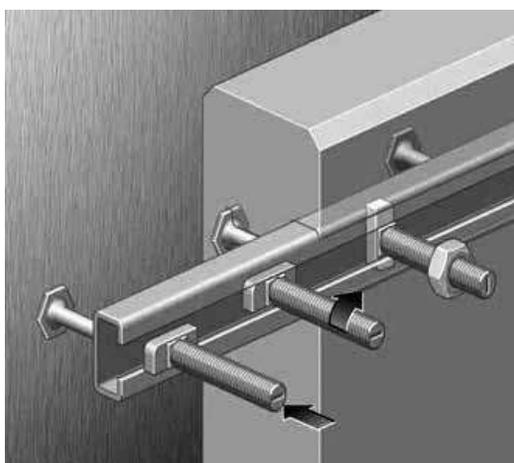


Figura 4.18 – Dispositivo de ancoragem tipo canal. (HALFEN, 2012)

A perspectiva mostrada na Figura 4.18 permite visualizar o sistema de ancoragem tipo canal, onde é possível realizar o ajuste na posição do painel pré-fabricado de maneira rápida. Já no caso da Figura 4.16, se faz uso de um sistema “macho-fêmea” no qual os painéis não se apoiam sobre a laje, mas nos pilares. Dessa forma, é possível dispensar a execução de um acabamento a fim de esconder a ancoragem.



Figura 4.19 – Dispositivo de fixação metálica com encaixe tipo macho-fêmea. (Acervo INOVATEC CONSULTORES)



Figura 4.21 – Irregularidade na tentativa de se ajustar o nível do painel. Também é possível notar a corrosão dos elementos de fixação que não receberam tratamento superficial de proteção. (OLIVEIRA, 2002)

O dispositivo mostrado na Figura 4.20, por sua vez, permite a regulagem da altura do painel, dentro de certos limites, por meio do aperto do parafuso, posicionado na vertical. Vale dizer que os tipos de ancoragem apresentados também são viáveis em estruturas metálicas. A Figura 4.21 chama a atenção devido à instalação irregular do painel, cujo nivelamento só foi possível utilizando-se um calço de grande altura.

Quanto às fixações de alinhamento, além de contribuir para alinhar os painéis durante a montagem, elas impedem o deslocamento relativo entre os painéis. As fixações podem ocorrer por ligações aparafusadas ou soldadas, como mostra a Figura 4.22. As fixações de apoio lateral, usualmente são projetadas de modo a respeitar o alinhamento, são responsáveis por transmitir as forças horizontais, devido à ação do vento, à estrutura suporte e geralmente o fazem por meio de chapas metálicas, como mostra a Figura 4.23.

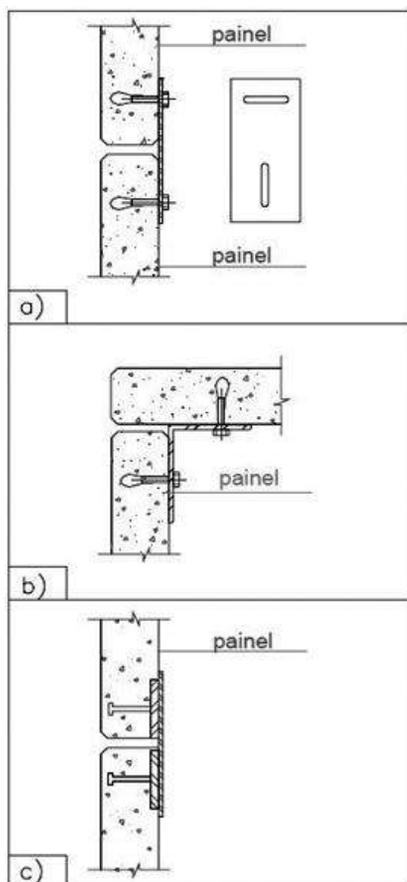


Figura 4.22 – Detalhes das fixações de alinhamento. (OLIVEIRA, 2002)

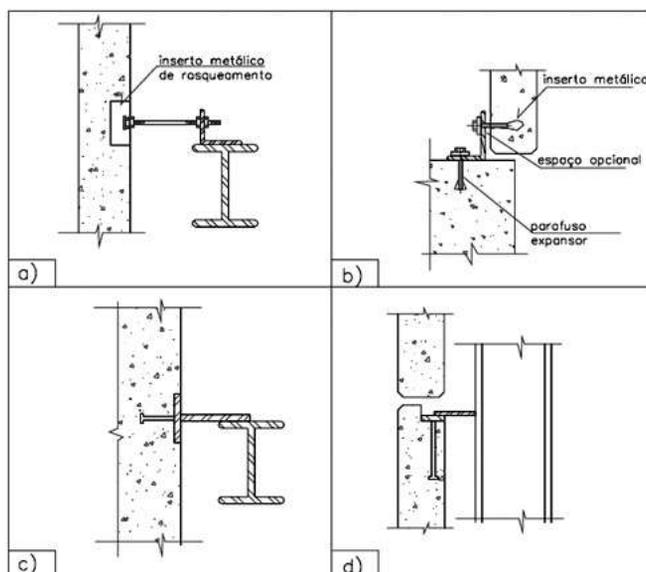


Figura 4.23 – Detalhes das fixações de apoio lateral. (OLIVEIRA, 2002)

A Figura 4.24 mostra duas opções de apoio lateral, sendo possível observar a utilização de uma barra flexível e de furos oblongos que permitem os ajustes de posicionamento.

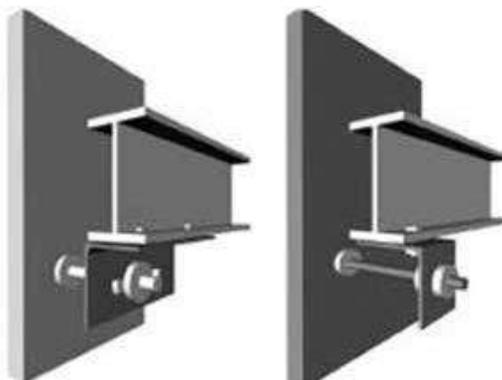


Figura 4.24 – Perspectiva das fixações flexíveis de apoio lateral. Este tipo de detalhe serve apenas como apoio para travamento e transferência de carga horizontal. (ARNOLD, 2009)

Em resumo, no intuito de evitar a ocorrência de problemas quanto à estabilidade estrutural, deve-se considerar os seguintes critérios:

- posicionamento de todas as fixações de apoio vertical localizadas no mesmo nível;
- transferência de cargas verticais de maneira integral para a estrutura, de modo que nenhuma parcela seja transmitida aos painéis adjacentes; e

Painéis pré-fabricados de concreto (PFC) para vedação de fachadas

- fixações de apoio lateral aparafusadas para acomodar deformações do painel, da estrutura e as tolerâncias de montagem.

A Figura 4.25 mostra como é feita a fixação dos painéis no caso em que ele não vence a altura de piso a piso. Pode-se observar que o painel se apoia na viga do pavimento superior e há uma fixação flexível na parte inferior da mesma viga.

A Figura 4.26, por sua vez, apresenta uma configuração menos usual para a fixação no pavimento tipo, onde o painel tem seu peso próprio suportado não pela viga do pavimento superior, mas pela do próprio pavimento. A fixação flexível é realizada com a viga do pavimento superior, mas caso ela falhe, existe o risco do painel se desestabilizar e girar.

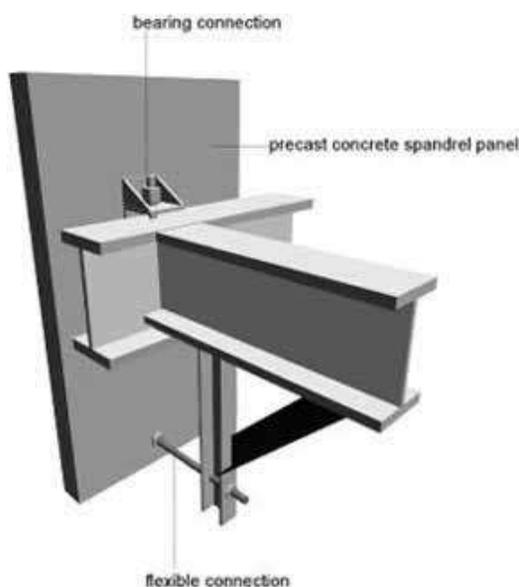


Figura 4.25 – Perspectiva de um esquema de fixação quando o painel não vai de piso a piso. (ARNOLD, 2009)

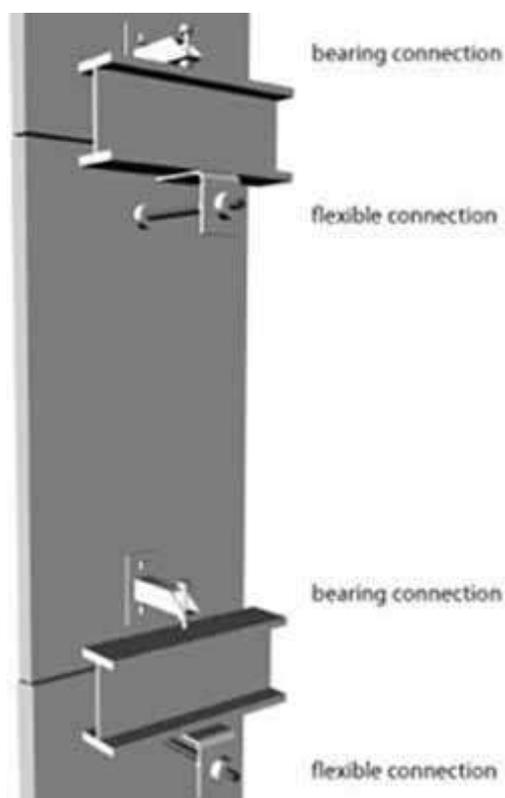


Figura 4.26 – Neste arranjo, a fixação flexível ocorre na viga do pavimento superior deixando a panel sujeito a instabilidade caso ela falhe. (ARNOLD, 2009)

- Juntas

A estanqueidade do sistema de vedação é função do tipo de junta utilizada, podendo esta ser classificada como aberta ou selada, conforme descrito na seção 2.5.

Um princípio fundamental para o dimensionamento das juntas e a especificação do material de preenchimento, no caso das juntas seladas, reside no fato de que estas não devem proporcionar uma monolitização do sistema, de modo que as movimentações tanto dos painéis quanto da estrutura sejam acomodadas e não gerem tensões adicionais nos painéis.

No que diz respeito às juntas seladas, a escolha da forma dos painéis tem influência sobre a facilidade de preenchimento, de modo que elas são mais facilmente preenchidas quando estão localizadas nas extremidades, tanto em relação à espessura quanto ao comprimento, do painel. Além disso, juntas no meio

da abertura de vãos e sobre superfícies inclinadas devem ser evitadas, pois isso prejudica seu preenchimento. No caso das juntas abertas, a Figura 4.27 permite visualizar um detalhe que prevê um dispositivo de drenagem nas juntas verticais, permitindo denominá-las juntas de drenagem.

A drenagem nas juntas é fundamental para conferir estanqueidade ao sistema e preservar a estética requerida.

A eficácia desse tipo de junta se deve à existência de sulcos verticais, nos quais são colocadas faixas de neoprene, que funcionam como barreira estanque à água. Já no encontro das juntas horizontais e verticais, pode existir uma membrana impermeável que auxilia na garantia da estanqueidade (OLIVEIRA, 2002).

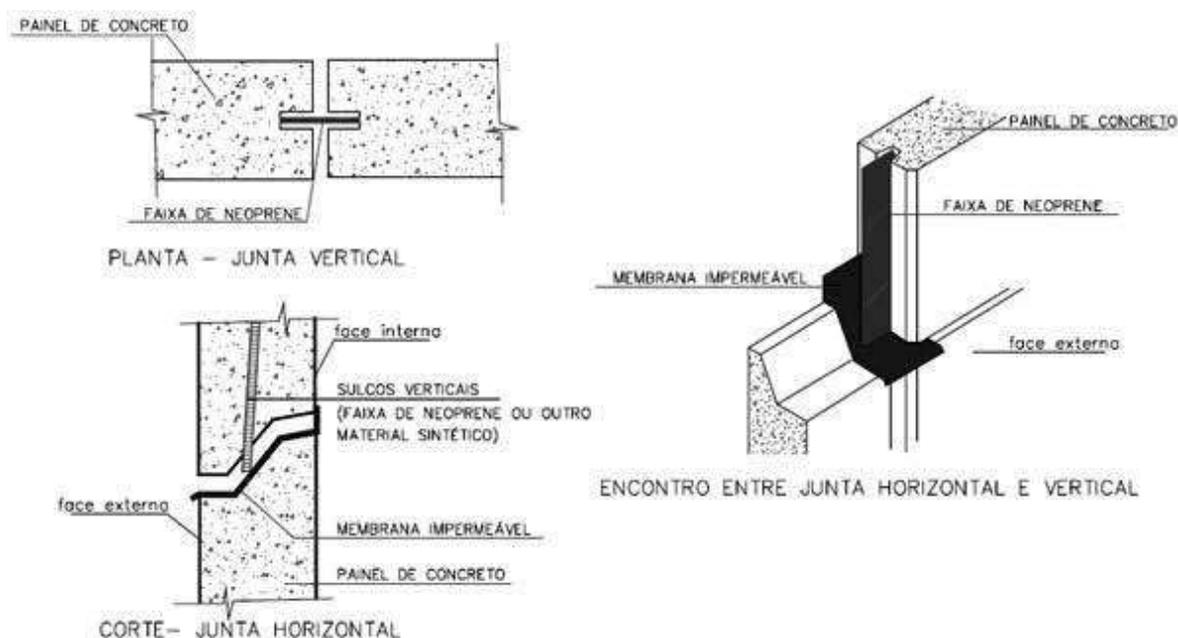


Figura 4.27 – Detalhe de junta de drenagem e membrana estanques utilizadas nas juntas horizontais. (OLIVEIRA, 2002)



Sistemas de vedação de fachada com vidro - FDV

Sistemas de vedação de fachada com vidro - FDV

Contextualização e aplicações

- Sistemas de vedação de fachada com vidro e sua utilização

O vidro tem ocupado lugar de destaque na arquitetura contemporânea, sobretudo nos edifícios comerciais, onde recorrentemente são utilizados para compor as fachadas.

As fachadas com vidro foram inicialmente utilizadas no início do século XX. O edifício Hallidie do arquiteto Willis Polk, localizado em São Francisco, Califórnia, data de 1918 e é reconhecido como o primeiro a fazer uso de uma solução desse tipo.



Figura 5.1 – Hallidie Building do arquiteto Willis Polk. (GRE-AT BUILDINGS, 2013)

Além da motivação de caráter estético, o emprego cada vez mais difundido do vidro é fruto de uma antiga preocupação: o acesso ao sol e à luz natural. Tal preocupação passou a ser tratada cientificamente a partir da primeira metade do século XX, quando passou a ser associada a questões de sustentabilidade urbana e aproveitamento eficiente dos recursos naturais (BRANDÃO, 2004).

O uso do vidro objetivando melhor iluminação de ambientes com menor transmissão de calor entre ambiente interno e externo da edificação passou a ser um desafio.

Os sistemas para vedação de fachada que fazem uso do vidro evoluíram bastante ao

longo dos anos com ganhos em velocidade de instalação, qualidade dos componentes e, do ponto de vista estético, com a diminuição da exposição da subestrutura metálica.



Figura 5.2 – Hospital Albert Einstein, em São Paulo. (ME-DEIROS, 2009)

Hoje é possível contar com soluções eficientes para controle solar, diminuindo a transmissão de calor para o interior da edificação sem prejudicar a iluminação dos ambientes. Também é possível beneficiar e compor lâminas de vidro de modo a obter vidros de segurança, decorativos, resistentes ao fogo, autolimpantes, com os mais variados níveis de desempenho.

O objetivo desse capítulo é apresentar as soluções disponíveis atualmente no mercado, as expectativas de desenvolvimento e como esses sistemas podem ser aproveitados para compor edificações que fazem uso de estruturas em aço.

- Tipologia de sistemas

Ao longo dos anos, as tecnologias de fachada-cortina que fazem uso do vidro evoluíram principalmente no que diz respeito à forma de montagem do sistema e fixação do vidro, conforme comentado a seguir.

Fachada Cortina Convencional

Foi o primeiro sistema disponível dentre as chamadas “fachadas cortina de vidro”. Este tipo é montado através de um método conhecido como stick, onde componentes individuais como colunas, travessas, vidros e outros componentes são enviados separados ao local de aplicação e instalados separadamente com auxílio de equipamento de acesso externo como andaimes (KHOURY, 2002).

Primeiramente são instaladas ancoragens na estrutura principal do edifício, para em seguida fixar as colunas e travessas que receberão quadros de alumínio com vidros encaixilhados também fixados mecanicamente através de ganchos não reguláveis. A vedação do sistema é proporcionada por gaxetas de EPDM (Borracha de Etileno-Propileno-Dieno).

A principal característica desse sistema é o fato da coluna de sustentação da subestrutura ficar exposta do lado externo da edificação, marcando verticalmente a fachada, algo muitas vezes indesejável por parte dos arquitetos (NAKAMURA, 2008).

Pele de Vidro

O anseio por fachadas mais neutras sem elementos que evidenciassem tanto a verticalidade como a horizontalidade da vedação motivou o desenvolvimento da pele de vidro. Este sistema também é montado pelo método *stick*, com a diferença de que agora as colunas de sustentação ficam voltadas para o interior do edifício, minimizando a área visível de alumínio na face externa, motivo pelo qual o sistema foi nomeado como pele de vidro (NAKAMURA, 2008). O vidro continua sendo encaixilhado e os quadros fixados mecanicamente com parafusos e presilhas. Os perfis de alumínio que sustentam os vidros são mais esbeltos do que os utilizados nas fachadas cortinas convencionais.

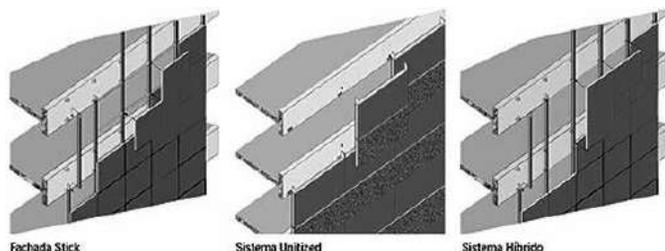


Figura 5.3 – Sistemas de fachada de vidro dos tipos stick, unitizado e híbrido. (ROSSO, 2007).

Structural Glazing

Com a intenção de eliminar por completo a interferência visual dos perfis de alumínio, foi desenvolvido o sistema conhecido por *structural glazing* onde os vidros passam a ser fixados pela face externa das esquadrias com silicone estrutural ou fita adesiva estrutural dupla face.



Figura 5.4 – Complexo WTJK, em São Paulo. Uso do sistema *structural glazing* para fachada das torres. (GELINSKI, 2013b)

Faz-se necessário o dimensionamento da profundidade e altura do silicone. Assim como os dispositivos de fixação mecânica utilizados nos sistemas comentados anteriormente, o silicone deve suportar o peso próprio do vidro e todas as demais cargas atuantes na fachada como esforços de vento (NAKAMURA, 2008).