

# Geração leve

Sistemas estão intrinsecamente ligados aos vãos que deverão ser vencidos, definidos ainda na fase de projeto como “modulação”

Nos últimos anos, a solução baseada em telhas metálicas tem ocupado cada vez mais espaço no mercado de coberturas leves para obras industriais, principalmente quando é preciso vencer grandes vãos e aliviar cargas sobre a estrutura. No entanto, a diversidade de soluções disponíveis no mercado é grande. Cabe ao projetista, então, diferenciar aspectos técnicos como estanqueidade, nível de ruído, resistência mecânica e isolamento térmico, entre outros, para fazer uma boa especificação.

Segundo o engenheiro Paulo Sá, gerente de engenharia da Método Engenharia, a escolha pela solução ideal deve levar em consideração os impactos diretos de cada solução – prazo e qualidade – e os indiretos, como fundações, estruturas, instalações e, principalmente, o custo. “A cobertura tem uma participação muito representativa no custo final da obra”, lembra Sá.

Os prazos de fabricação e de montagem da cobertura devem ser levados em conta, pois irão interferir diretamente no início de operação da planta industrial e, conseqüentemente, na viabilidade do empreendimento. Uma boa alternativa são as soluções construtivas padronizadas de alto desempenho, que oferecem agilidade de execução sem prejuízo de desempenho das construções.

### Novas tecnologias

Uma das principais tendências observadas nos últimos anos é o emprego de sistemas de cobertura contínuos como os zipados ou os que usam bobinas metálicas desenroladas sobre a es-



Telhas simples de aço ou alumínio são muito utilizadas em coberturas convencionais em função do baixo custo, porém, não apresentam isolamento termoacústico

trutura. A utilização dessas soluções permite projetos de grandes extensões de cobertura sem emendas ou sobreposições no sentido do escoamento da água da chuva, eliminando os riscos de vazamento, ponto crítico em telhados tão longos e com pequenas inclinações.

As coberturas térmicas também têm ganhado força no mercado. “Por conta da crescente preocupação em assegurar conforto térmico aos funcionários, mui-

tas empresas estão sendo levadas a projetar novos edifícios ou a reformar os existentes dentro desses conceitos de qualidade”, justifica Yavor Luketic, vice-presidente de coberturas metálicas da Abcem (Associação Brasileira da Construção Metálica). O mesmo começa a ocorrer, em escala menor, com aspectos de isolamento acústico, incrementando o uso de sistemas de cobertura com capacidades isolantes ou fonoabsorventes.

Ainda de acordo com Luketic, o uso de coberturas altamente refletivas à radiação solar tende, a curto prazo, a ser disseminado. Essa solução oferece chapas metálicas pintadas com revestimentos de alto índice de refletância à radiação solar (conhecido em inglês pela sigla SRI), que atendem às recomendações da LEED (Leadership in

### Normas técnicas

**ABNT NBR 14513** – Telhas de Aço Revestido de Seção Ondulada – Requisitos

**ABNT NBR 14514** – Telhas de Aço Revestido de Seção Trapezoidal – Requisitos

## Centro de manutenção da Gol

Vãos de 80 m, além do pé-direito altíssimo de 23 m e da grande porta de entrada das aeronaves eram os principais desafios do projeto da cobertura do Angar 3 do centro de manutenção de aeronaves da Gol, localizado em Confins (MG). Para vencê-los, a Método Engenharia, empresa responsável pelo projeto básico e pela execução da extensa cobertura de 6,3 mil m<sup>2</sup>, apostou em uma estrutura mista que conjuga pilares de concreto e estrutura metálica para a cobertura. "Foi a opção mais competitiva, pois além de reduzir consideravelmente o consumo de aço e ser mais econômica também apresentou um ótimo desempenho", explica Paulo Sá, gerente de engenharia da construtora.

O projeto executivo arquitetônico ficou a cargo da Metro Arquitetos Associados. Ideais para grandes vãos, as vigas joist (sistema de perfis pré-engenheirados) foram a opção para conformar a estrutura da cobertura. As vigas principais, explica Sá, cobrem 82 m de eixo a eixo do pilar. Ao todo, são 18 pilares executados "in loco" e engastados à estrutura por insertes metálicos. Para o revestimento, as telhas zipadas compõem um sistema tipo sanduíche com miolo de lã de rocha, solução que atendeu às especificações do cliente, garantindo excelente desempenho termoacústico e segurança ao sistema, além de apresentar o menor custo comparado às demais soluções.



Visão frontal do hangar com seus 18 pilares em concreto executados "in loco"



Visão interna do hangar na fase de montagem da cobertura

Fotos: divulgação Método Engenharia

## Revestimentos

A indústria siderúrgica oferece várias possibilidades de revestimento para o aço base da telha, que deve ser especificado em função da durabilidade, da estética desejada e do ambiente onde as telhas estão inseridas, seja em zona costeira, industrial com alta emissão de partículas agressivas, rural ou urbana. São eles:

### Galvanizados por imersão a quente

Apresentam grande resistência à corrosão atmosférica e podem atender a obras mais econômicas.

### Aluzinc ou galvalume

Devido à sua composição química (alumínio, zinco e silício), esse revestimento confere ao produto excelente proteção à corrosão atmosférica, alta refletividade, melhor conforto térmico, ótima aparência e manutenção do brilho.

### Pré-pintados

As bobinas de aço galvanizadas são pintadas antes de serem conformadas em telhas, recebendo um "primer" epóxi

seguido de pintura de acabamento (sistema Coil Coating). Esse tipo de revestimento é específico para ambientes mais agressivos. Em ampla gama de cores, oferece grande durabilidade, facilidade de manutenção e vantagens estéticas.

### Aços inoxidáveis

Possuem grande durabilidade, facilidade de manutenção e resistência a ambientes altamente agressivos. Também oferecem grande qualidade estética.

Fonte: CBCA

Energy and Environmental Design) para a construção de coberturas frias. "A radiação solar incidente sobre as superfícies de uma construção é refletida para o espaço, impedindo que seja absorvida pelos materiais da cobertura e depois liberada no ambiente", explica o executivo.

Quanto à estrutura, a principal

tendência tecnológica é o emprego dos perfis "pré-engenheirados". Tais soluções vencem grandes vãos, permitindo maior liberdade de ocupação de espaços pela redução do número de pilares intermediários. Esses perfis, de emprego específico, são desenvolvidos a partir de materiais convencionais. No entanto, são projetados para maximizar

o desempenho dos elementos da estrutura e, ao mesmo tempo, minimizar o uso de aço em relação aos perfis laminados ou soldados disponíveis nas linhas de produção. "Associado às treliças tipo joist, o uso dos perfis pré-engenheirados tem oferecido soluções de coberturas industriais cada vez mais econômicas", observa Sá. >>

## Principais opções

### Coberturas com telhas trapezoidais ou onduladas



As coberturas executadas com telhas simples de aço ou alumínio, com ou sem revestimento e sem isolamento termoacústico, são ideais para coberturas convencionais planas ou em arcos com caimento a partir de 5%. Apresentam os menores custos do mercado, porém, não proporcionam isolamento térmico e acústico às edificações. Também devem ser evitadas em coberturas muito extensas ou com pouca inclinação nas quais o volume de água coletado pelo canal da telha possa pôr em risco a estanqueidade do sistema. Na fase de projeto, exigem atenção especial para os arremates, rufos, sistema de fixação empregado e para a necessidade do uso de vedações nas sobreposições. A especificação dos perfis deve considerar a drenagem das águas pluviais levando em conta o caimento, a extensão do telhado e a intensidade das chuvas do local. O mesmo vale para as sobrecargas desejadas e o vão de estrutura pretendido. No canteiro, recomenda-se que o material seja estocado em local seco seguindo as instruções do fabricante e que seja manuseado corretamente para não danificá-lo (em especial as telhas pintadas).

### Coberturas com telhas sanduíche e isolamento térmico rígido



Fonte: desenvolvimento Perfilar

Constituídas por duas chapas metálicas, essas coberturas em painéis de aço ou alumínio são recheadas com um isolante térmico em material rígido (como o poliuretano, poli-isocianurato ou poliestireno), reduzindo substancialmente a passagem de calor no verão e a perda de calor interno no inverno. Essa solução ainda apresenta outras vantagens como a redução ou eliminação de problemas de condensação, redução da demanda de sistemas de ventilação natural ou mecânica e redução de ruídos externos e de chuva. No entanto, dependem maiores custos com material e mão-de-obra. Indicadas para coberturas planas (e, eventualmente, arqueadas, mas só sob consulta) com caimento a partir de 5%, devem ser evitadas em coberturas muito extensas ou com pouca inclinação. Entre as principais recomendações de projeto está a correta especificação dos isolantes que podem ser injetados ou colados entre perfis metálicos. Quanto à execução, as recomendações são as mesmas das telhas simples.

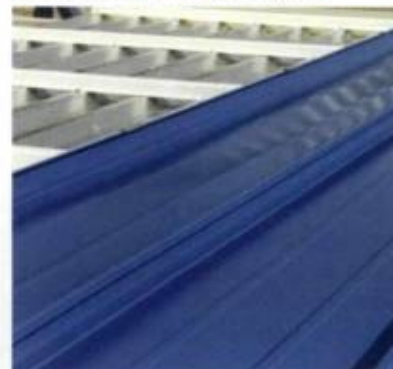
### Coberturas com telhas sanduíche e isolamento flexível



O miolo com isolamento térmico em material flexível como as lãs de vidro ou de rocha em mantas proporcionam grande isolamento e absorção. Os isolantes, disponíveis em diversas espessuras e densidades, são colocados na obra sobre uma telha metálica inferior já previamente fixada à estrutura do telhado. Um espaçador metálico, fixado na telha inferior, garante o vão necessário

para a manta isolante e serve de apoio para a telha superior, que é montada sobre ele. Assim como as telhas sanduíche com isolamento rígido, são indicadas para projetos de coberturas planas ou arqueadas que exigem alto grau de isolamento termoacústico. No entanto, vale lembrar que as lãs de rocha ou de vidro podem ser aplicadas facilmente em situações acima de 200°C, enquanto o poliestireno expandido e poliuretano possuem temperaturas limites de uso da ordem de 80°C a 90°C. Sistemas com lãs de alta densidade, aplicadas em várias camadas e entremeadas com chapa de aço lisa (para agregar massa) ou com painéis metálicos inferiores perfurados (para absorção do som) estão disponíveis em empresas de ponta, que inclusive dispõem de tabelas com dados de desempenho baseadas em testes feitos no Brasil ou em laboratórios no exterior.

### Coberturas com telhas zipadas



Fabricadas no canteiro da obra com perfiladeira especial portátil, as telhas zipadas são feitas de forma contínua, por uma "costura" que não deixa frestas entre os perfis e dispensa o uso de parafusos ou fitas de vedação. Essa característica, somada ao formato da bandeja, proporciona uma grande capacidade de escoamento da água. Indicadas para coberturas planas (ou arqueadas, sob consulta) e extensas com baixo caimento (mínimo 2,0%–2,5%), a solução apresenta ótima estanqueidade, pois a ligação do clipe com a telha é por zipagem, evitando perfurações. Mais caras que as telhas simples

convencionais, as coberturas com telhas zipadas exigem projeto específico, área disponível no canteiro e mão-de-obra especializada para a sua fabricação. Para uma boa execução, é necessário garantir o alinhamento das peças (evitando a aparência de obra malexecutada). Outro detalhe importante é que os cliques usados sejam do tipo deslizante para permitir a contração e expansão da chapa de aço da telha de acordo com as variações de temperatura. Também é importante prestar atenção à quantidade de fixações usadas e a respectiva carga de vento (sucção) que terão de absorver. Para garantir a eficiência do sistema, as perfurações e aberturas na chapa de aço decorrentes da instalação de acessórios ou dispositivos de iluminação e ventilação na cobertura também devem ser evitadas.

### Coberturas em membrana



Alternativa para coberturas extensas e com baixo caimento ou para telhados com geometria complexa, nos quais a maleabilidade do material de revestimento viabiliza um aspecto arquitetônico específico, as coberturas em membrana ainda são pouco conhecidas e utilizadas no Brasil. Nesse sistema, uma membrana de borracha ou de material sintético é aplicada sobre um material isolante rígido assentado sobre um deck metálico similar a uma telha trapezoidal. As mantas são fixadas mecanicamente ou por colagem aos painéis de isolamento e a união entre elas é feita por costura química ou térmica, dependendo do sistema.

### Coberturas em chapa metálica não perfilada



Divulgação: Marko

Aplicável somente em coberturas planas e com geometria preferencialmente regular, as coberturas em chapa metálica não perfilada (também conhecidas como roll-on) são uma ótima opção para áreas extensas com baixo caimento. Sobre as treliças paralelamente dispostas de forma modular são desenroladas as bobinas contínuas de aço revestido (galvanizado, galvalume ou pré-pintado), sem necessidade de emendas, furos ou sobreposições, o que garante uma excelente estanqueidade à solução. Fixadas pelas suas bordas na estrutura, as bobinas adquirem uma forma côncava, como um grande canal de telha, permitindo o escoamento da água da chuva em grande volume e por grandes extensões de telhado. Uma peça de arremate veda o ponto de transição longitudinal de uma bobina a outra. O sistema também permite o uso de isolantes como mantas de lã com filme sintético na face inferior. Sua especificação exige projeto detalhado com assistência direta do fabricante, prévia definição de área para estocagem de material e para pré-montagem dos módulos estruturais e planejamento de elevação.

#### SISTEMA ROLL-ON

Tipo	Altura	Vão livre
Roll-on light	90	Até 23 m
	120	Até 25 m
Roll-on standard	90	Até 27 m
	120	Até 32 m
Roll-on x-length	150	Até 35 m
Roll-on heavy duty	Sobrecargas e vãos extremos	

Aplicações consideradas para sobrecargas de 25 kg/m<sup>2</sup>, previstas em norma  
Fonte: Marko Construções

No quesito revestimento, o mercado oferece telhas de aço estampadas que reproduzem a aparência de telhas cerâmicas. “Outra possibilidade é a multidobra, que são vincos estampados na telha de forma a permitir curvas com raios bastante reduzidos, propiciando uma interessante solução estética”, conta Silvia Scalzo, membro da comissão executiva do CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço).

### Projeto, execução e manutenção

As coberturas são consideradas a “quinta fachada” de uma edificação, mas para que alcancem sua vida útil e desempenho esperados é fundamental contar com um projeto detalhado. Nele, além das soluções estruturais e especificações de tratamento das superfícies, deverão ser definidos os detalhes construtivos que garantam a integridade e estanqueidade da cobertura, incluindo ventilações, calhas, condutores, rufos, escadas, passarelas técnicas e acessos.

Aspectos específicos do uso do edifício, como a exposição a agentes agressivos, materiais corrosivos, umidade ou temperatura são fatores fundamentais para especificação das telhas e tratamento dos elementos da cobertura. Outros aspectos, tais como iluminação natural e ventilação, normalmente definidos em termos de trocas de ar por hora também devem ser analisados nessa fase.

Além disso, é fundamental que o projetista da cobertura trabalhe integrado aos demais profissionais envolvidos no projeto, de forma a garantir a integração da cobertura às soluções das demais disciplinas, tais como sistema de proteção contra descargas atmosféricas, condicionamento de ar, instalações prediais, proteção contra incêndio etc.

Vale lembrar que as telhas metálicas apresentam maior transmissão de calor em relação às telhas à base de cimento, devido ao maior coeficiente de condutividade térmica. Dessa forma, as coberturas que empregam telhas metálicas normalmente exigem soluções de isolamento térmico para reduzir a condutividade térmica a níveis competitivos com as demais soluções.

Na fase de execução, os cuidados estão centrados na contratação de for-»

## COBERTURAS

### TIPOS DE COBERTURA E PERFIS EMPREGADOS

Tipo de cobertura	Tipo de perfil	Altura (mm)	Largura útil (mm)	Vão <sup>(1)</sup> (m)	Sobrecarga <sup>(2)</sup> N/m <sup>2</sup>	Observação
Telhas simples	Ondulada	17	990	1,80	70	Ideal para coberturas curtas ou em arco
	Trapezoidal	25	1.025	2,00	71	Coberturas planas ou em arco com raios elevados
	Trapezoidal	33	1.030	1,80	69	Coberturas planas, opcionalmente pode ser multidobra <sup>(3)</sup>
	Trapezoidal	48	980	2,60	80	Coberturas planas, opcionalmente pode ser multidobra <sup>(3)</sup>
Telhas com isolamento rígido	Trapezoidal/liso <sup>(4)</sup>	63	1.030	3,50	120	Painel em espuma rígida de poliuretano para coberturas ou fachadas
	Trapezoidal/liso <sup>(4)</sup>	83	1.030	3,50	165	Painel em espuma rígida de poliuretano para coberturas ou fachadas
	Liso	40	1.000	2,40	101	Painel em espuma rígida de poliuretano para fachadas
Telhas com isolamento flexível	Ondulada	17	990	1,80	70	É possível compor sistemas sanduíches com lâs flexíveis usando qualquer combinação dessas telhas
	Trapezoidal	25	1.025	2,00	71	
	Trapezoidal	33	1.030	1,80	69	
	Trapezoidal	48	9.809	2,60	80	
	Trapezoidal	100	950	4,40	71	
Telha zipada	Bandeja	60	400	3,40	74	É possível compor sistemas sanduíche em lâ flexível usando telha zipada superior e qualquer perfil acima na face inferior
	Bandeja	53	445	2,00	158	
Membrana	Trapezoidal	39	1.000	2,20	69	Perfil usado como base de apoio para o sistema de cobertura em membrana (LR39S + placa isolante + membrana sintética)

(1) e (2) Vão médio e respectiva sobrecarga para condição de três apoios por telha e flecha L/120. Para outras condições de vão e apoio, consultar catálogo. (3) Multidobra: telha arqueada em fábrica conforme raio pré-determinado pelo cliente por meio da aplicação de nervuras transversais na peça. (4) Face externa com perfil trapezoidal LR 33 e face interna com chapa lisa nervurada

Fonte: Abcem

### Energia extra

Mais do que garantir as funções de proteção e estanqueidade, a cobertura é cada vez mais associada a sistemas completos de geração de energia. Estudos recentes da Universidade Federal de Santa Catarina mostram a viabilidade da implantação de coberturas com painéis fotovoltaicos integrados à rede pública de energia. Esse tipo de solução vem sendo amplamente utilizado na Europa,

principalmente na França e Alemanha, onde edificações com grandes áreas de coberturas utilizam telhas de aço com painéis fotovoltaicos integrados e revendem a energia excedente para as concessionárias. Uma ótima sugestão para estádios e edifícios com baixo consumo energético que podem se beneficiar e muito da venda da energia excedente gerada na cobertura.

necessários a partir de um escopo claramente definido em projeto e no monitoramento e controle da fabricação, transporte, armazenamento e montagem dos elementos. Assim, é imprescindível a perfeita coordenação das interfaces entre os diversos fornecedores e a gestão integrada das ações dos fornecedores.

Ao longo da vida útil, a periodicidade na limpeza, o uso de materiais e procedimentos adequados para limpeza e conservação, conforme preconizado pelos fabricantes e construtores, e a adoção de manutenção preventiva são fundamentais para garantir o perfeito desempenho da cobertura. <<

Gisele C. Cichinelli

### SAIBA MAIS

O CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço) oferece ampla informação em seu website [www.cbca-ibs.org.br](http://www.cbca-ibs.org.br). Na seção biblioteca é possível fazer download dos manuais técnicos, entre eles o recém-lançado "Trelças tipo steel joist".

Em breve, a Abcem (Associação Brasileira da Construção Metálica) lançará o "Manual Técnico de Telhas Metálicas de Aço". O objetivo é difundir informações sobre tipos de telha, processos de fabricação, sistemas de cobertura e recomendações para transporte, recebimento e manuseio. Informações: (11) 3816-6597 E-mail: [abcem@abcem.org.br](mailto:abcem@abcem.org.br)