

Tecnologia

Como construir - Painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado para paredes

Veja recomendações de projeto e execução de sistema para edificações habitacionais de até cinco pavimentos

Redação: Gisele Cichinelli

Edição 216 - Março/2015



O sistema construtivo de painéis nervurados pré-fabricados de concreto (figura 1) é composto por elementos que constituem paredes e lajes de concreto armado estruturais para edificações habitacionais de até cinco pavimentos e que, por esse motivo, não podem ser demolidos total ou parcialmente.

Possuem espessura de 140 mm, tanto para as paredes externas quanto internas às unidades e são constituídos por duas placas de concreto armado de 35 mm de espessura cada uma, afastadas de 70 mm. As placas são unidas por um quadro externo e nervuras internas de concreto armado (figura 2). A definição da altura do painel leva em conta o pé-direito da edificação. O comprimento variará de acordo com cada projeto específico, sendo o valor máximo de 4 m.

O uso do sistema está limitado às classes de agressividade ambiental I e II (atmosferas rural e urbana). Por ser um painel estrutural, qualquer modificação em paredes e lajes, como abertura de vãos e rasgos para instalações hidráulicas e elétricas, deve ser previamente acordada com o fabricante ainda na fase de projeto do edifício.



Figura 1 - Sistema de pré-moldados estruturais pode ser utilizado na construção em edificações de até cinco pavimentos

Componentes do sistema

Concreto: convencional, com adição de fibra de polipropileno com consumo de 1.200g/m³. Possui massa específica

aproximada de 2.200 kg/m³ e resistência característica à compressão especificada de 40 MPa, aos 28 dias, com relação água-cimento limitada a 0,45. A resistência mínima na desenforma, a 24 horas, é de 10 MPa. O concreto empregado nas lajes pré-moldadas possui fck especificado em projeto de 25 MPa.

Ligação entre painéis de parede: feita com nove cabos de aço de 3 mm de diâmetro dispostos nas laterais dos painéis a cada 30 cm e duas a quatro barras de aço verticais de 10 mm ou 12,5 mm de diâmetro, dependendo do tipo de ligação entre painéis e do projeto estrutural específico.

As barras de aço verticais são dispostas ao longo de toda a altura do edifício, sendo a ligação monolitizada com a inserção de graute nesta região.

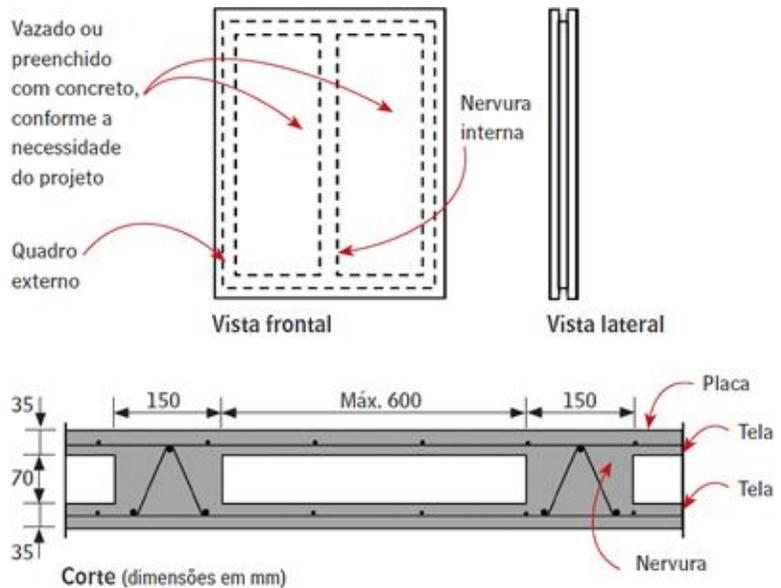


Figura 2 – Esquema geral do painel – Detalhe da união das placas de concreto armado, feita por um quadro interno e nervuras internas de concreto

Graute: produzido com cimento, areia e aditivo superplastificante, com resistência característica à compressão de 30 MPa aos 28 dias e consistência, obtida pelo espalhamento, de 400 ± 10 mm.

Armadura: constituída de tela soldada galvanizada, de malha 10 cm x 10 cm e fios de 2,76 mm de diâmetro e camada de zinco de 40 g/m². As nervuras internas e o quadro externo dos painéis possuem armadura de treliça TG-10L com altura de 100 mm, fio superior de 6 mm de diâmetro, diagonal de 4,2 mm de diâmetro e fios inferiores de 4,2 mm de diâmetro. Trata-se de uma treliça de produção especial, produzida sob encomenda.

Revestimentos e acabamentos: os revestimentos das paredes internas das áreas molháveis e molhadas (cozinha, banheiro e área de serviço) são constituídos de placas cerâmicas, aplicadas com argamassa colante tipo AC I, diretamente sobre os painéis.

Nas paredes e tetos de áreas secas e nas paredes das áreas molháveis, que não recebem revestimento cerâmico, aplica-se pintura acrílica. As paredes externas são revestidas com textura acrílica. Na região das juntas entre painéis aplicam-se emulsão acrílica e tela de poliéster.

Interfaces

Entre parede e fundação: os painéis são apoiados sobre vigas baldrame ou radier ao longo de todo o seu comprimento, conforme as figuras 3 e 4;

Entre parede e laje: as lajes são apoiadas diretamente sobre os painéis. Antes da montagem do painel superior, é feito o grauteamento da ligação entre a laje e os painéis, preenchendo-se o rebaixo existente no topo dos painéis, como indicado esquematicamente na figura 5.

Entre parede e esquadrias: as esquadrias de janelas são fixadas aos painéis por meio de parafusos de aço e buchas plásticas, conforme mostrado na figura 6.

Entre parede e piso: os pisos das áreas secas e das áreas molháveis recebem contrapiso de argamassa.

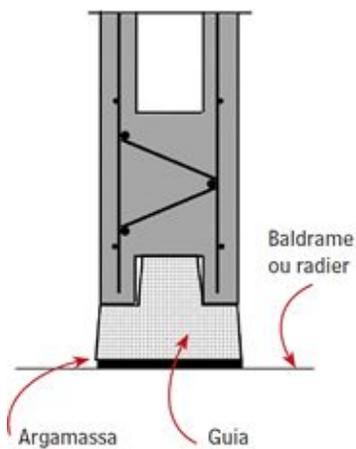


Figura 3 – Esquema geral da interface painel e fundação – Painel apoiado sobre guia de concreto

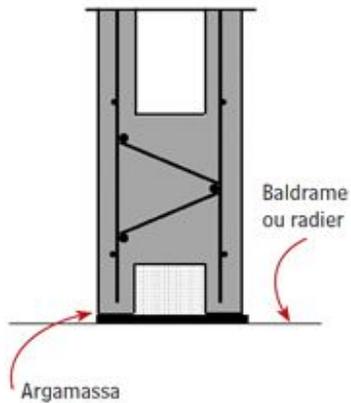


Figura 4 – Esquema geral da interface painel e fundação – Painel apoiado diretamente sobre o elemento de fundação

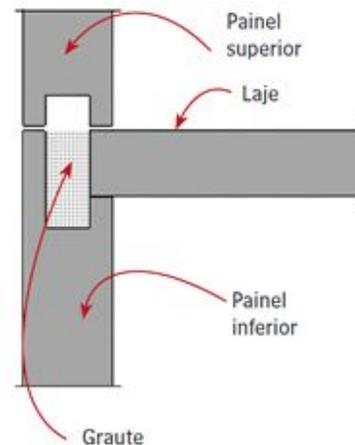


Figura 5 – Interface entre painéis e laje

Interface entre paredes e instalações: as tubulações de água do banheiro e cozinha são embutidas no forro falso. Os sub-ramais da pia, lavatório e tanque são embutidos em um enchimento de argamassa executado sobre os painéis (sanca). Os tubos de queda de esgoto são embutidos em shafts, os ramais do tanque e lavatório são aparentes e o da pia é embutido em um enchimento sob a bancada (figura 7). A tubulação de gás é externa às paredes, posicionada sobreposta na fachada.

Procedimento executivo

Produção dos painéis

A produção dos painéis é feita na posição horizontal sobre pistas de concretagem e é dividida em duas etapas: produção da primeira face do painel, que contém o quadro externo e as nervuras longitudinais e transversais ("lado macho") e produção da segunda face do painel ("lado fêmea").

As etapas compreendem os seguintes procedimentos:

Para a produção da primeira face, as laterais das fôrmas são fixadas sobre a pista de concretagem. Após a limpeza da superfície da pista, aplica-se desmoldante e, em seguida, monta-se a tela de armadura da face com os espaçadores e as caixas elétricas. São utilizados quatro espaçadores por metro quadrado, distanciados entre si em, no máximo, 500 mm. Também são posicionados os dispositivos para o içamento do painel, constituídos de insertos metálicos roscados.

Em seguida, é feita a concretagem dessa face do painel, a colocação das treliças, montagem das fôrmas das nervuras e do quadro externo sobre o concreto recém-lançado e a concretagem das nervuras. O concreto é adensado com vibrador de imersão.

No dia seguinte à concretagem, é feita a desenforma da primeira placa com 35 mm de espessura. A segunda placa do painel é moldada seguindo os padrões da primeira (mas sem nervuras).

A primeira placa é posicionada sobre a segunda, ainda com o concreto dessa placa ainda fresco. A ligação entre ambas é feita pela penetração de 15 mm de profundidade do fio do banzo da treliça da primeira placa na camada de concreto da segunda, como indicado esquematicamente na figura 8.

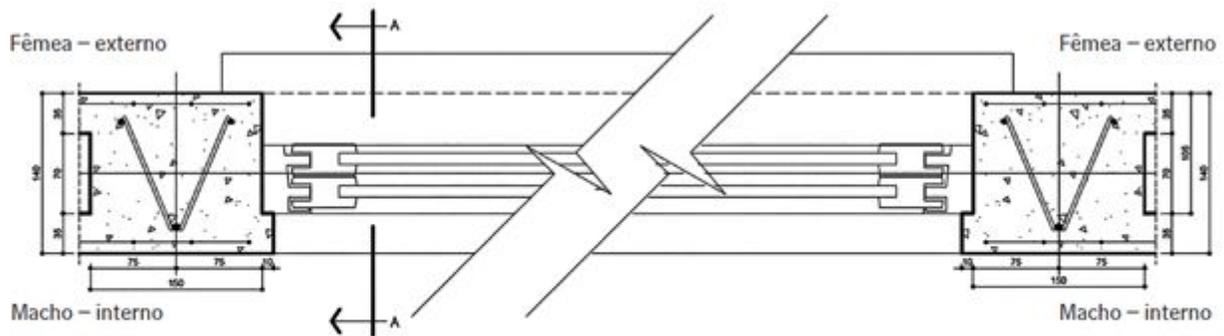


Figura 6 – Interface entre painel e esquadria

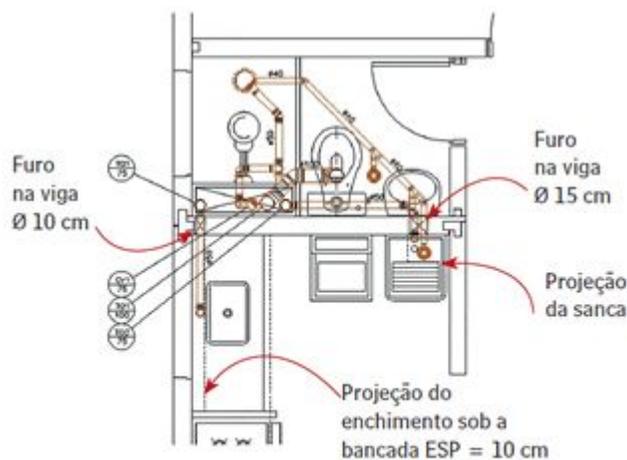


Figura 7 – Interface entre painel e tubulações de esgoto

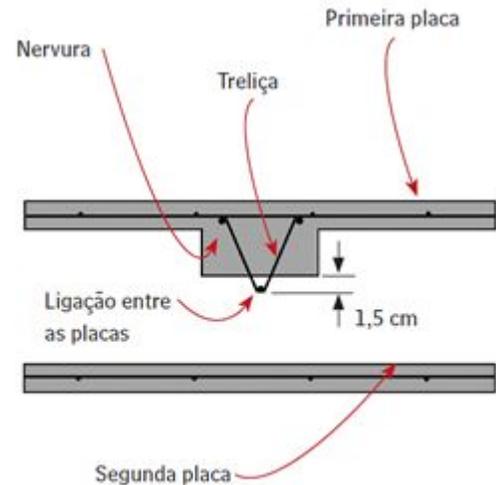


Figura 8 – Ligação entre as placas do painel

A espessura do painel e o alinhamento entre as placas são conseguidos com a utilização de calços de aço posicionados nas extremidades das placas, posteriormente removidos. O cobrimento da armadura galvanizada é de 20 mm.

Após a cura inicial do concreto, na pista de concretagem e com aspersão de água, os painéis são içados e transportados para a área de estocagem e de realização de eventuais reparos e acabamentos dos painéis.

Montagem dos painéis em obra

Os painéis do pavimento térreo são apoiados sobre o radier ou a viga baldrame por meio de guias de concreto assentadas com argamassa. Nos demais pavimentos os painéis são apoiados diretamente sobre a laje. Os arranques são posicionados desde a execução da fundação e em todos os pavimentos, dando continuidade às barras de aço verticais posicionadas nas ligações (figura 9).

Os painéis são içados por guas ou guindastes, posicionados e escorados com escoras de aço. Em seguida, posiciona-se o painel transversal e faz-se a ligação (figura 10).

O preenchimento da ligação lateral entre os painéis é feito com graute. Para executar essa etapa, é necessário posicionar o delimitador de profundidade de juntas. Para resistir ao empuxo causado pelo graute, utiliza-se um perfil metálico parafusado ao painel. Em seguida, o graute é lançado com balde ou bomba, preenchendo também o rebaixo existente na base dos painéis, como indicado esquematicamente na figura 11.

Figura 9 - Painéis devem ser apoiados sobre radier ou viga baldrame



Figura 10 - Painéis são içados por guias ou guindastes

O tratamento das juntas externas é feito com a aplicação de selante de poliuretano, sobre fundo de junta (espuma de polietileno). O acabamento final das juntas, na face interna e externa das paredes, deve ser executado a partir da aplicação de tela de poliéster de 100 mm de largura e emulsão acrílica, antes da aplicação da pintura ou da textura, respectivamente. O acabamento final das juntas horizontais das faces externas das paredes (encontros com as lajes) é realizado por meio de molduras pré-fabricadas de EPS.

A ligação dos painéis de parede com as lajes maciças (pré-fabricadas de concreto armado) é realizada com preenchimento simultâneo com graute das juntas entre os panos de laje e o rebaixo existente no topo do painel.

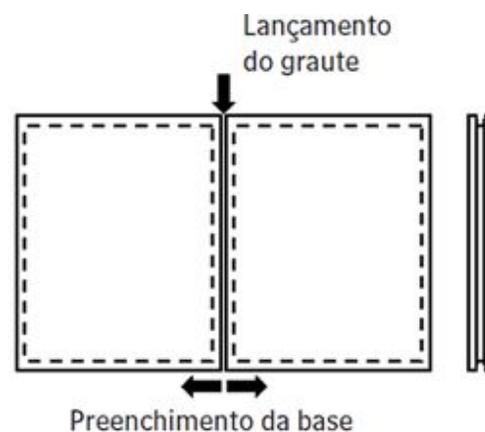


Figura 11 – Grauteamento da ligação lateral e da base dos painéis

Tabela 1 – CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO AVALIADA NAS SIMULAÇÕES TÉRMICAS

	Apartamento
Paredes externas	Painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado com espessura total de 140 mm e espaçamento interno de 70 mm (região fora das nervuras)
Paredes internas	
Pé-direito/área	2,50 m/35 m ²
Laje do último pavimento	Maciças, de concreto armado, com espessura de 10 cm
Lajes intermediárias	
Telhado	Telhas cerâmicas ou de fibrocimento
Janelas dos dormitórios	120 cm x 100 cm, com caixilhos metálicos, com vidro liso incolor transparente de 3 mm de espessura
Janela da sala	200 cm x 100 cm, com caixilho metálico, com vidro liso incolor transparente de 3 mm de espessura
Absortância à radiação solar das paredes	0,3 (cor clara), 0,5 (cor média) e 0,7 (cor escura)

Avaliações

Desempenho estrutural

De acordo com a avaliação técnica do sistema conduzida conforme a Diretriz Sinat (Sistema Nacional de Aprovações Técnicas) 002 (revisão 01) e a NBR 15.575:2013 - Edificações Habitacionais - Desempenho, os painéis ensaiados apresentam resistência à compressão excêntrica adequada, considerando o uso em edifícios de até cinco pavimentos. Para cada projeto específico deve ser elaborado projeto estrutural específico pela empresa fornecedora e respeitado o valor máximo da resistência última de projeto observada, verificando-se os limites a serem admitidos para as cargas atuantes.

Estanqueidade à água

Em fachadas, o sistema de paredes atende os requisitos de estanqueidade à água de chuva em razão de suas características construtivas (painéis de concreto armado com $f_{ck} = 40$ MPa e acabamento final da superfície

externa com textura acrílica). O tratamento das juntas com a aplicação de limitador de profundidade de junta durante a fase de execução, preenchimento com graute de 30 MPa e acabamento da junta com fundo de junta e selante de poliuretano também contribui para a estanqueidade à água. É importante respeitar as condições de manutenção das juntas, conforme as recomendações do manual de uso e manutenção do produto (fornecido pelo fabricante para cada empreendimento específico).

Na interface entre os painéis e a fundação, recomenda-se a impermeabilização da base das paredes, como indicado esquematicamente na figura 12, além da previsão de diferença de cota para a calçada externa à edificação.

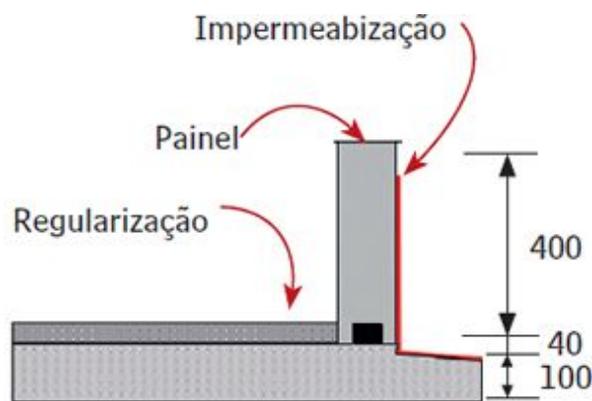


Figura 12 – Impermeabilização da base dos painéis das paredes externas e diferença de cota na calçada externa à edificação (dimensões em milímetros)

Desempenho térmico

De acordo com a avaliação do desempenho térmico feita por meio de simulações computacionais para uma edificação de cinco pavimentos para as Zonas Bioclimáticas Z3 e Z7, considerando o projeto de apartamentos com as características apresentadas na tabela 1, o sistema atende ao critério de desempenho térmico no período de verão. Deve-se considerar as condições previstas na tabela 2.

Tabela 2 – CONDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA A OBTENÇÃO DO NÍVEL DE DESEMPENHO TÉRMICO MÍNIMO DE APARTAMENTOS NAS ZONAS BIOCLIMÁTICAS 3 E 7. BEM COMO EM BELÉM. INSERIDA NA ZONA Z8. NO VERÃO

Zonas Bioclimáticas	Cor do acabamento externo das paredes ^(a)			
	Condição padrão ^(b)	Com sombreamento ^(c)	Com ventilação ^(d)	Com sombreamento e ventilação
3	Atende apenas com cor clara	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média	Atende com qualquer cor ^(e)
7	Atende com qualquer cor ^(e)	Atende com qualquer cor ^(e)	Atende com qualquer cor ^(e)	Atende com qualquer cor ^(e)
Belém	Atende apenas com cor clara	Atende com cor clara ou média	Atende apenas com cor clara	Atende com qualquer cor ^(e)

Notas:

^(a) Absortância à radiação solar da superfície externa das paredes igual a 0,3 (cor clara), 0,5 (cor média) e 0,7 (cor escura);

^(b) Condição padrão: ambientes com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0 Ren/h) e janelas sem sombreamento;

^(c) Condição de sombreamento: proteção solar externa ou interna que impeça a entrada de radiação solar direta ou reduza em 50% a incidência da radiação solar global no ambiente;

^(d) Condição de ventilação: ambiente ventilado a uma taxa de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0 Ren/h);

^(e) Recomenda-se evitar o uso de cores excessivamente escuras, com elevada absortância à radiação solar.

Desempenho acústico

Os painéis atendem ao critério de desempenho estabelecido para paredes de fachada, conforme a NBR 15.575-4 (Sistemas de Vedação), desde que as janelas ou outros componentes de fachada apresentem desempenho acústico compatível (tabela 3).

Vale observar que o desempenho acústico deve ser considerado sempre para o conjunto. Os empreendimentos devem compatibilizar o desempenho acústico das paredes com os demais componentes, como esquadrias externas e portas de entrada das unidades habitacionais.

Segurança ao fogo

Os elementos analisados - paredes e lajes - são constituídos de material incombustível, que não se caracterizam como propagador de incêndio e propiciam condições adequadas para restringir o rápido crescimento do incêndio.

Tabela 3 – SÍNTESE DOS CRITÉRIOS DE DESEMPENHO PARA FACHADAS E DO RESULTADO DO ENSAIO DE ISOLAÇÃO SONORA EM LABORATÓRIO PARA PAINÉIS NERVURADOS

Classe de Ruído	Critério de desempenho: valor mínimo – R_w (dB)	Valor de R_w determinado em laboratório (dB)
I	≥ 25	41
II	≥ 30	
III	≥ 35	