

 <p>Rua Aquinos, 111 Água Branca 05036-070 - São Paulo/SP Tel/Fax (11) 3611-0833 www.ifbq.com.br inovacons@falcaobauer.com.br</p>	<p>Produto Painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural</p> <p>Proponente Moremais Tech Ltda. Rodovia ES 166, s/nº Km 7,5 – Caixa Postal 37 CEP: 29360-000 – Aracuí - Castelo – ES Tel.: (28) 3542-6060 www.moremais.com.br comercial@moremais.com.br</p>	
<p>Emissão junho de 2021 Validade maio de 2024</p>	<p><i>Considerando a avaliação técnica coordenada pela ITA IFBQ e a decisão dos Técnicos Especialistas, conforme estabelece a Portaria nº3.259/2020, do Ministério do Desenvolvimento Regional, a Coordenação Geral do PBQP-H da Secretaria Nacional de Habitação resolveu conceder ao produto “Painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural” o Documento de Avaliação Técnica Nº031-B. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o produto, destinado à construção de edifícios habitacionais multifamiliares de até vinte e oito pavimentos e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.</i></p>	<p>DATEc Nº031-B</p>

<p>Limites da avaliação técnica dos painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para a avaliação do produto considerou-se como elementos inovadores os painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural e suas interfaces com pilares, vigas e lajes de concreto armado. O comprimento máximo dos painéis pré-moldados é de 7000mm e a altura é equivalente ao pé-direito de projeto ou limitado a 3000mm; • Os componentes e elementos convencionais não estão contemplados nessa avaliação e devem atender às normas técnicas correspondentes; • A avaliação do projeto e cálculo estrutural foi realizada considerando o emprego dos painéis pré-moldados para vedação vertical sem função estrutural em edifícios habitacionais multifamiliares de até vinte e oito (28) pavimentos; • A estanqueidade à água foi avaliada por meio de ensaio laboratorial, análise de projetos e visitas às obras, considerando os painéis, as juntas entre painéis e pilares, painéis e lajes, painéis e fundação e as interfaces com esquadrias. A estanqueidade à água das janelas não foi avaliada; • O desempenho térmico foi avaliado para as oito zonas bioclimáticas, constantes da ABNT NBR 15220-3:2005, considerando o projeto de edifícios habitacionais multifamiliares de múltiplos pavimentos e o sistema de cobertura descrito no item 4.3 deste documento; • O risco de condensação superficial foi avaliado conforme disposto no item 4.3.1 deste documento; • As avaliações de desempenho acústico foram realizadas em laboratório para verificar o índice de isolamento sonora (R_w) dos painéis de parede cegos com espessuras de 130mm, 150mm e de 200mm. As esquadrias utilizadas em fachadas devem ter valores adequados de R_w, de modo a atender ao critério normativo; • A avaliação da durabilidade dos painéis, particularmente para o concreto armado, considerou a classe de concreto C25 para as classes de agressividade ambiental I e II, correspondentes às
--

zonas rural e urbana, respectivamente e a classe de concreto C30 para a classe de agressividade ambiental III, correspondente à atmosfera marinha;

- O comportamento das juntas entre painéis e pilares, entre painéis e lajes e entre painéis e fundação deve ser objeto de monitoramento constante pelo proponente da tecnologia, em razão da limitação de se avaliar tal comportamento ao longo do tempo.

1. Descrição do produto

Os painéis pré-moldados não possuem função estrutural, são constituídos por duas camadas de concreto e blocos cerâmicos e apresentam três espessuras, quais sejam:

- 130mm de espessura: conformado por camada de concreto com 20mm de espessura, blocos cerâmicos com 90mm de altura e camada de concreto com 20mm de espessura.

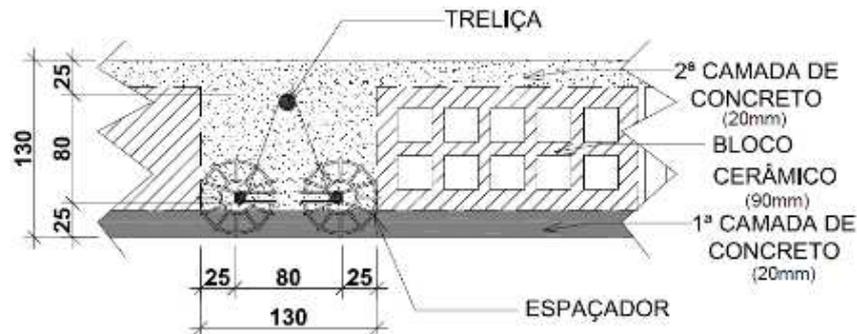


Figura 1 – Painel pré-moldado com 130mm de espessura.

- 150mm de espessura: conformado por camada de concreto com 30mm de espessura, blocos cerâmicos com 90mm de altura e camada de concreto com 30mm de espessura.

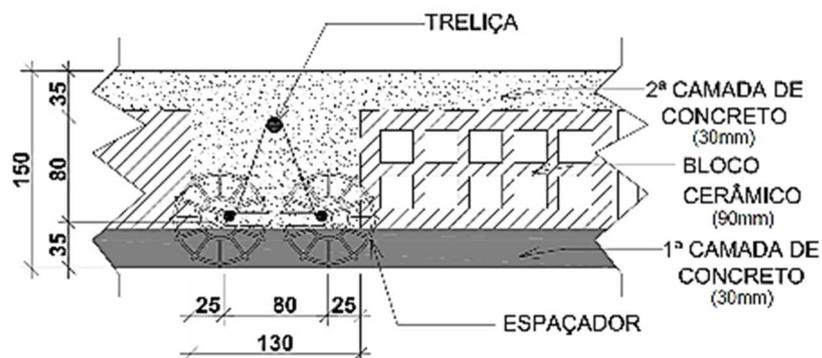


Figura 2 – Painel pré-moldado com 150mm de espessura.

- 200mm de espessura: conformado por camada de concreto com 50mm de espessura, blocos cerâmicos com 90mm de altura e camada de concreto com 60mm de espessura.

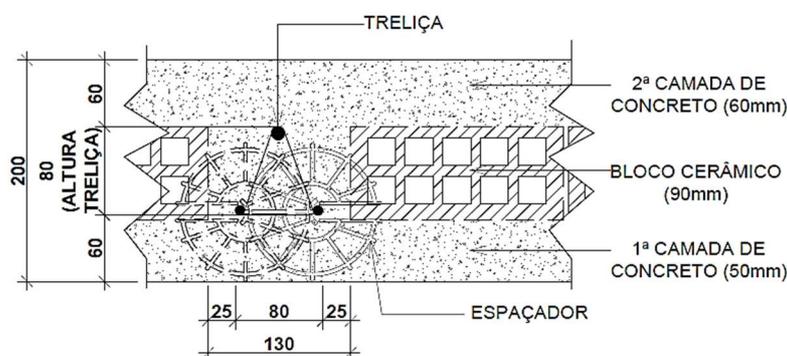
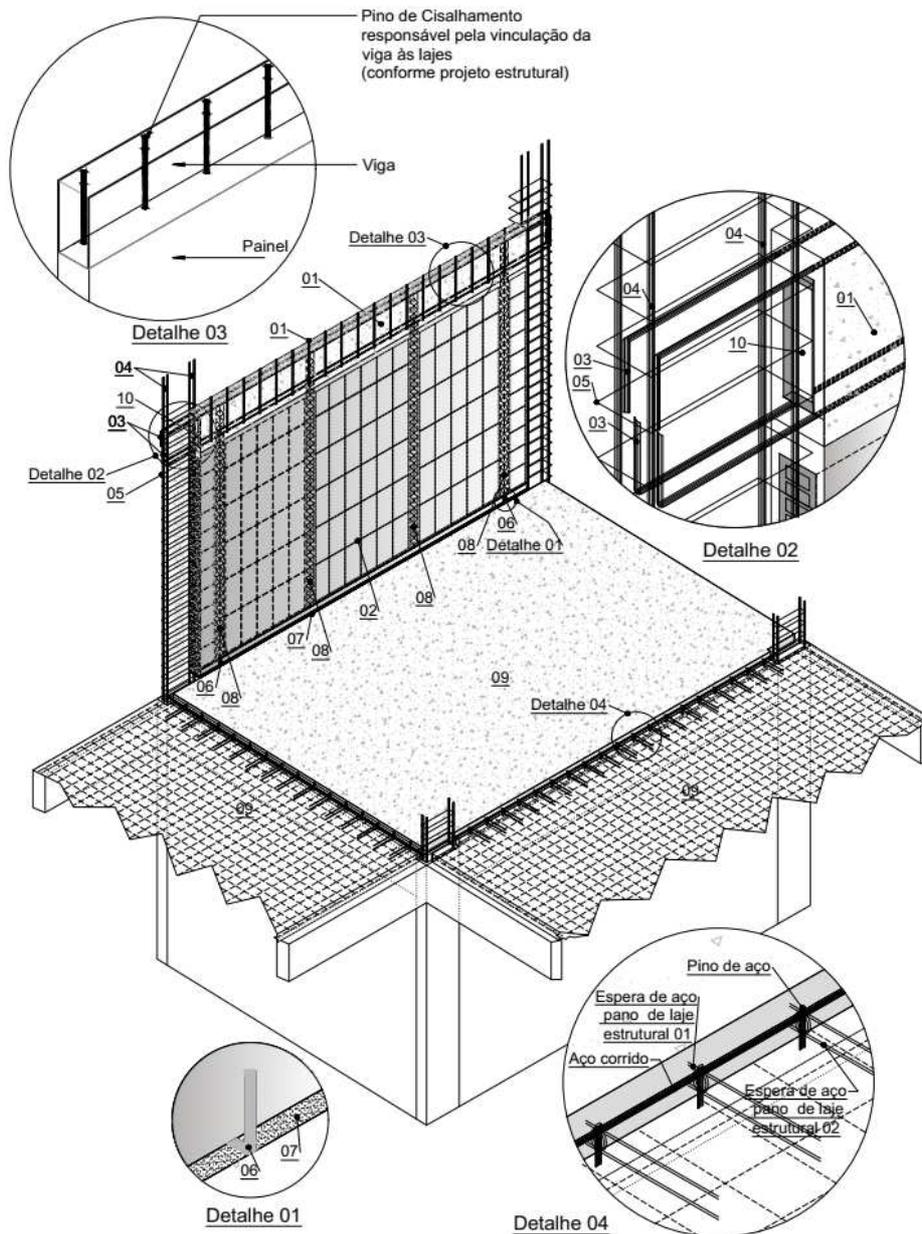


Figura 3 – Painel pré-moldado com 200mm de espessura.

Os espaçadores plásticos utilizados apresentam diâmetros diferenciados ($\varnothing 50\text{mm}$, $\varnothing 70\text{mm}$ e $\varnothing 120\text{mm}$) e possuem como função garantir os cobrimentos de concreto e evitar possíveis descolamentos horizontais e verticais da armadura. São utilizados aos pares nos painéis com espessura de 150mm ($\varnothing 50\text{mm}$ entre faces laterais dos blocos que conformam as nervuras e $\varnothing 70\text{mm}$ na justaposição entre blocos) e nos painéis com espessura de 200mm ($\varnothing 50\text{mm}$ entre faces laterais dos blocos que conformam as nervuras e $\varnothing 120\text{mm}$ na justaposição entre blocos).

Os painéis pré-moldados são produzidos com a viga incorporada na porção superior, sendo a estrutura da edificação conformada pelo conjunto vigas, pilares de concreto armado moldados no local e lajes convencionais pré-fabricadas de concreto armado. A Figura 04 apresenta detalhamento do painel (com viga incorporada) e suas interfaces com laje de piso e pilares. O comprimento máximo dos painéis é de 7000mm e a altura é equivalente a 2780mm.



- 01 - Viga de concreto armado incorporada ao painel;
- 02 - Painel pré-moldado misto de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural;
- 03 - Esperas da armadura da viga para engastamento no pilar a ser moldado no local;
- 04 - Armadura vertical do pilar;
- 05 - Estribos dos pilares;
- 06 - Barras metálicas com $\varnothing 12,5\text{mm}$ (removíveis) para apoio dos painéis durante processo de montagem em obra;
- 07 - Preenchimento do vão entre a base inferior do painel e a laje de piso com argamassa;
- 08 - Armadura da nervura do painel (treliça de aço CA-60);

09 – Laje de piso convencional em concreto armado;

10 – Nichos das extremidades da viga a serem preenchidos quando da concretagem dos pilares na obra.

Figura 04 – Detalhamento do painel (com viga incorporada) e suas interfaces com laje de piso e pilares.

Os painéis pré-moldados podem ser empregados em edifícios habitacionais multifamiliares de até vinte e oito (28) pavimentos.

A produção e a moldagem dos painéis são realizadas em unidade fabril ou no canteiro de obras. A unidade fabril atende aos requisitos e critérios estabelecidos na ABNT NBR 9062. Na unidade fabril, a produção dos painéis ocorre conforme projeto específico, com uso de fôrma metálica. No canteiro de obras, a produção dos painéis ocorre por meio de sobreposição das fôrmas metálicas, intercalados por chapas metálicas, com empilhamento de até 16 painéis. Os painéis são delimitados por perfis metálicos que conformam o perímetro e os vãos das esquadrias. Os perfis metálicos são fixados por meio de pinos e parafusos metálicos, conforme projeto específico de cada painel.

Para a movimentação dos painéis na unidade fabril são utilizadas ponte rolante e caminhão do tipo *munck*. Para o transporte e a montagem dos painéis em obra utiliza-se guindaste ou grua.

A avaliação técnica não contemplou elementos e sistemas convencionais como: fundações, pilares de concreto armado, vigas de concreto armado, lajes de concreto armado, sistemas de cobertura, esquadrias e instalações de elétrica e de hidráulica. Tais elementos devem atender às normas técnicas correspondentes, sendo analisadas suas influências apenas nos casos de interface com os painéis.

1.1. Condições e limitações de uso

O uso dos painéis pré-moldados com espessura de 130mm (internos e externos/fachada) está limitado às classes de agressividade ambiental I e II (áreas rurais e urbanas, respectivamente). Para a classe de agressividade ambiental III, os painéis pré-moldados (externos/fachada) devem possuir espessura mínima de 150mm. Com relação ao desempenho térmico e acústico, deve-se considerar o especificado nos itens 4.3 e 4.4 deste documento.

Alterações nos painéis pelo usuário, tais como aberturas de vãos e rasgos, alterações de “*layout*”, entre outras, deve ser comunicada ao SAC (Serviço de Atendimento ao Cliente) da Moremais Tech, conforme orientações constantes no manual de uso, operação e manutenção. Os cuidados na utilização, as cargas máximas permitidas para a fixação de peças suspensas, a periodicidade de manutenção das pinturas sobre as paredes e eventuais reparos constam do Manual de uso, operação e manutenção, disponibilizado pela Moremais Tech.

2. Diretriz para avaliação técnica

O IFBQ realizou a avaliação técnica de acordo com a Diretriz SiNAT N°002 – REV.02– Sistemas construtivos integrados por painéis pré-moldados para emprego como paredes de edifícios habitacionais, publicada em agosto de 2016 e de acordo com a ABNT NBR 15575:2013.

3. Informações e dados técnicos

3.1. Principais componentes e elementos

Abaixo estão apresentadas as especificações dos elementos que conformam os painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural.

a) Concreto: concreto com massa específica da ordem de 2630kg/m³ e resistência característica à compressão de 25MPa (aos 28 dias), Classe C25, quando utilizado para emprego em regiões com classe de agressividade ambiental I e II (rural e urbana, respectivamente). Nas regiões de agressividade ambiental III (marinha), utiliza-se concreto com resistência característica a compressão maior que 30MPa, Classe C30. A classe de consistência dos concretos especificada é a S100 (100 ≤ A ≤ 160), conforme ABNT NBR 8953.

Para a moldagem na unidade fabril, a resistência mínima do concreto especificada para a desenforma e içamento é de 10MPa, após 16 horas da concretagem. Na moldagem em obra (por sobreposição dos painéis), a desenforma de cada painel ocorre após 16 horas da

concretagem. O içamento dos painéis é realizado após a verificação da resistência mínima do concreto de 10MPa (16h) do último painel moldado na pilha.

- b) Blocos cerâmicos:** bloco cerâmico de vedação (VED) principal com furos na horizontal com dimensões nominais de 90mm x 190mm x 390mm (Figura 05) e ½ bloco cerâmico de vedação (VED) com furos na horizontal (utilizados para adequações de modulações quando necessário, de modo a evitar cortes em componente cerâmicos) com dimensões nominais de 90mm x 190mm x 190mm (Figura 06).

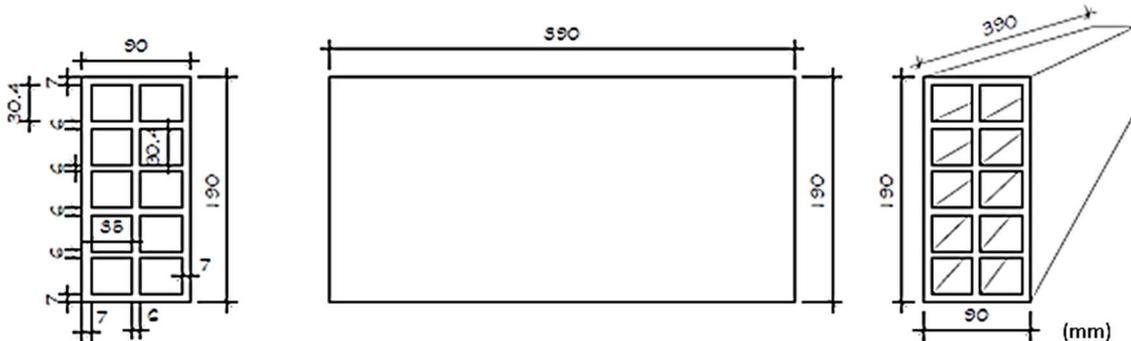


Figura 05 – Detalhamento do bloco cerâmico de vedação principal com furos na horizontal (90mmx190mmX390mm).

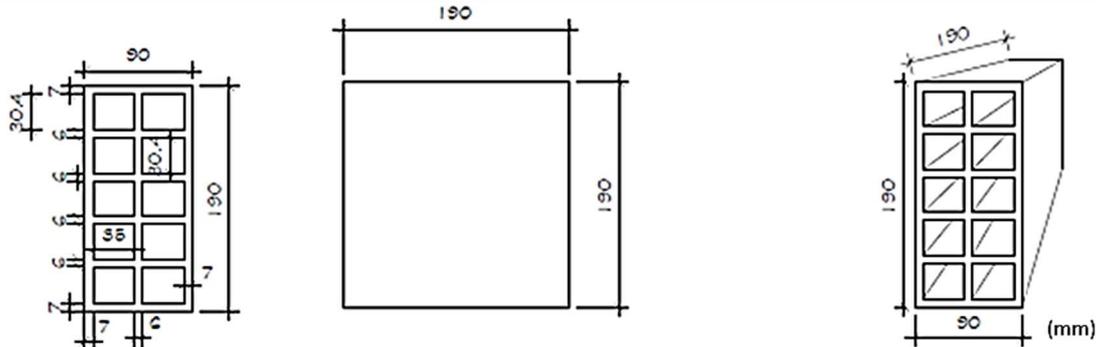


Figura 06 – Detalhamento do ½ bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal(90mmx190mmX190mm).

Os blocos cerâmicos apresentam resistência à compressão, massa específica e absorção de água conforme ABNT NBR 15270-1:2005.

- c) Armaduras das nervuras do painel:** treliça em aço CA-60, do tipo TR 08644, com altura de 80mm, banzo superior de Ø 6mm e diagonal de Ø 4,2mm.
- d) Armaduras de reforço:** barras de aço CA-60 de Ø5mm, no entorno dos vãos de esquadrias e na porção inferior do painel.
- e) Armaduras da viga e pinos conectores para ligação viga-lajes:** a armadura que compõe a viga é composta por barras e estribos de aço CA-60, com dimensões conforme projeto estrutural. Na porção superior de configuração da viga, são dispostas barras (pinos) de cisalhamento, responsáveis pela solidarização da viga às lajes (Figura 07).



Figura 07 – Armadura da viga com pinos de cisalhamento.

- f) **Espaçadores plásticos:** do tipo circular com raios de 25mm para painéis com espessura de 130mm; 35mm para painéis com espessura de 150mm e 55mm para painéis com espessura de 200mm.
- g) **Alças para içamento:** são conformadas por barras de aço ASTM A36 ($\varnothing \geq 10\text{mm}$), conforme ABNT NBR 9062.

3.2. Procedimento de execução

3.2.1. Produção dos painéis na unidade fabril

A sequência de atividades para a produção dos painéis pré-moldados na unidade fabril é:

- a) **Preparação das fôrmas:** as fôrmas são fixadas sobre bases elevadas compostas por estruturas metálicas com altura aproximada de 40cm (Figura 08), distribuídas em galpão coberto. Suas extremidades laterais são ajustáveis conformando as dimensões dos painéis de acordo com o projeto específico.



Figura 08 – Formas fixadas sobre bases elevadas.

- b) **Aplicação do desmoldante:** previamente é realizada a limpeza das fôrmas e em seguida é aplicado desmoldante de base vegetal com o auxílio de pulverizador.
- c) **Posicionamento das armaduras da viga:** a armadura da viga e respectivas esperas são posicionadas na porção superior do painel, de acordo com o projeto específico. Em seguida, posicionam-se as fôrmas de consoles nas duas extremidades da viga, as quais moldam os nichos que serão preenchidos quando da concretagem dos pilares na obra. Os espaçadores são posicionados nas barras longitudinais a cada 600mm, a partir das extremidades laterais.
- d) **Posicionamento das armaduras do painel:** as treliças são posicionadas com espaçamento definido de acordo com o projeto específico. Estas são amarradas com auxílio de arame recozido à armadura da viga. Previamente à amarração, é realizado um corte (500mm) na senoide da extremidade superior da treliça (Figura 09), com o objetivo de promover fixação adequada, minimizando possíveis deslocamentos quando da concretagem. Em seguida, são posicionados os espaçadores a cada 900mm nas barras longitudinais das treliças, a partir das extremidades do painel (Figura 10).

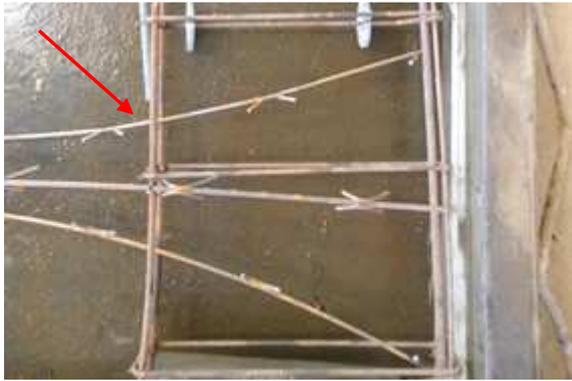


Figura 09 – Corte da senoide da treliça e amarração junto à armadura da viga.



Figura 10 – Posicionamento dos espaçadores plásticos.

- e) **Posicionamento das armaduras de reforço:** na porção inferior do painel, são posicionadas 2 barras de aço CA-60 de $\varnothing 5\text{mm}$, amarradas às treliças (Figura 11). Nos entornos de vãos de esquadrias são posicionadas 2 barras de aço CA-60 de $\varnothing 5\text{mm}$. Quando o posicionamento das treliças coincidir com os vãos de esquadrias (sentido vertical), as mesmas substituirão as barras de aço (Figura 12). Na sequência são posicionados os espaçadores.



Figura 11 – Posicionamento das barras de aço de reforço na porção inferior do painel.



Figura 12 – Posicionamento das barras de aço de reforço na borda inferior do vão de janela e das treliças nas bordas laterais do vão de janela.

- f) **Posicionamento das alças de içamento:** as alças de içamento são conformadas por barras de aço ASTM A36 ($\varnothing \geq 10\text{mm}$), conforme ABNT NBR 9062, posicionadas na porção superior da viga incorporada ao painel, amarradas à armadura.
- g) **Posicionamento das instalações de elétrica:** os eletrodutos e caixas de elétrica são posicionados de acordo com o projeto de cada painel pré-moldado.
- h) **Painéis de parede hidráulica:** os painéis pré-moldados que recebem tubulações de hidráulica (sempre em obra) são produzidos conforme projeto específico. Nos locais determinados para passagem das tubulações hidráulicas são posicionados blocos cerâmicos, voltados diretamente para a face da fôrma metálica ou face superior do painel, de acordo com o indicado no projeto (Figuras 13, 14 e 15). Quando existir a necessidade da passagem de ramais hidráulicos através das nervuras de concreto, utiliza-se trechos de tubos de PVC previamente à concretagem, de modo a promover furos para a passagem da tubulação (Figura 16).



Figura 13 – Posicionamento dos blocos cerâmicos destinados à instalação de tubulações hidráulicas.



Figura 14 – Painel de hidráulica montado.

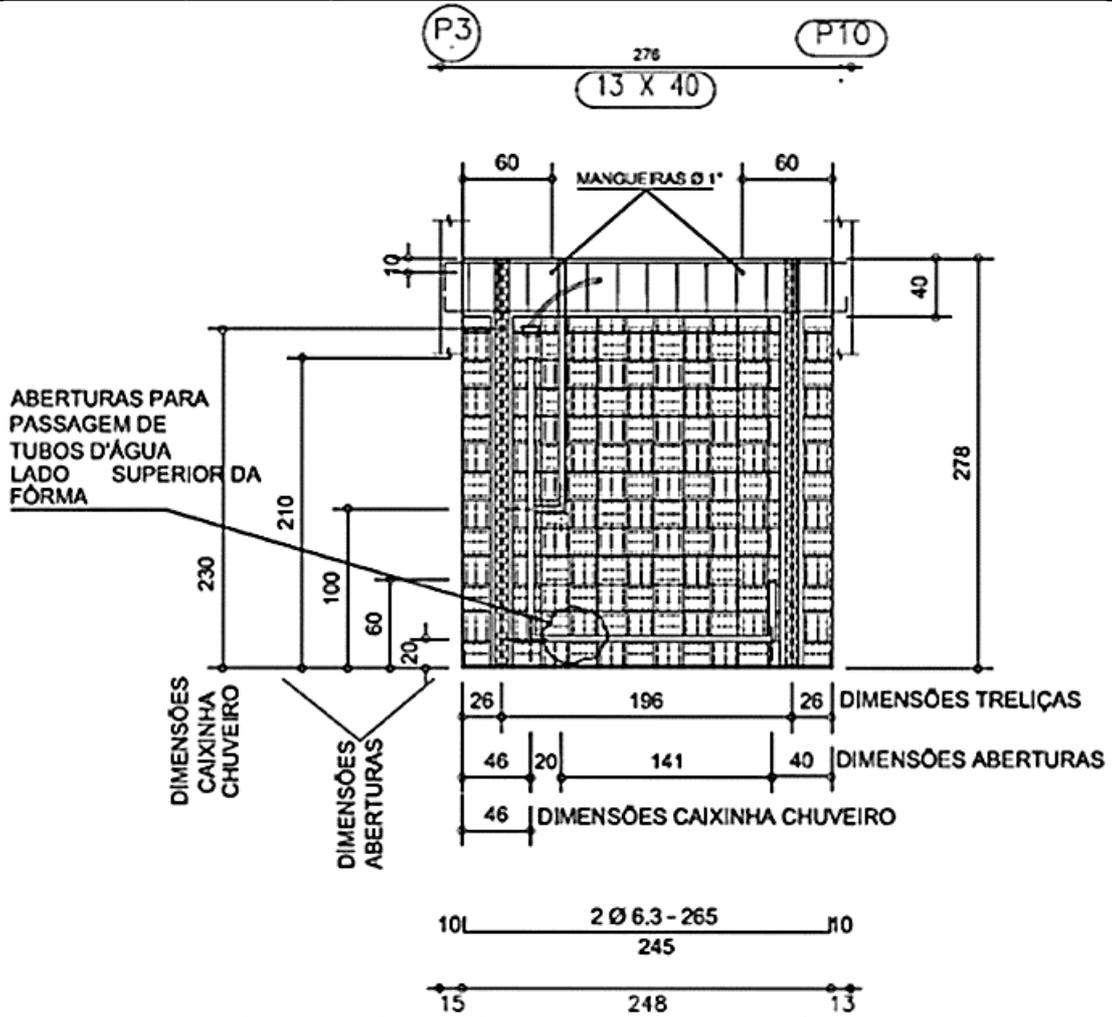


Figura 15 – Painel pré-moldado com tubulação hidráulica.

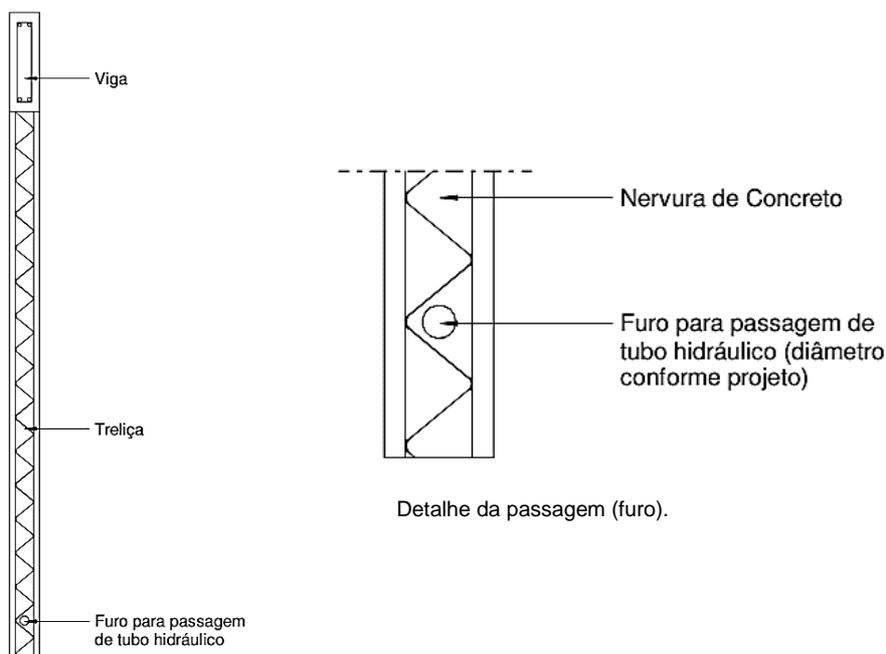


Figura 16 – Passagem de ramais hidráulicos pelas nervuras de concreto.

- i) **Produção do concreto:** o concreto utilizado para moldagem dos painéis é produzido em central dosadora na unidade fabril de acordo com ABNT NBR 7212 e controlado conforme ABNT NBR 12655.
- j) **Lançamento da primeira camada de concreto:** a primeira camada de concreto possui espessura de 20mm para os painéis pré-moldados de 130mm de espessura, 30mm para os painéis pré-moldados de 150mm de espessura e de 50mm para os painéis pré-moldados de 200mm de espessura, o nivelamento foi realizado com auxílio de desempenadeira e galga de conferência da espessura (Figuras 17 e 18).



Figura 17 – Lançamento da primeira camada de concreto.



Figura 18 – Conferência da espessura da primeira camada de concreto com o auxílio de galga.

- k) **Posicionamento dos blocos cerâmicos:** os blocos cerâmicos são previamente imersos em água e assentados sobre a camada de concreto no sentido vertical dos furos, seguindo a disposição prevista em projeto de cada painel (Figura 19). O espaçamento mínimo entre blocos é de 5mm, no sentido vertical ou no sentido horizontal. Os blocos cerâmicos que compõem as extremidades laterais do painel são posicionados com os furos no sentido horizontal (Figura 20), permitindo a entrada parcial de concreto durante a concretagem dos pilares.



Figura 19 – Posicionamento dos blocos cerâmicos.



Figura 20 – Posicionamento dos blocos cerâmicos de extremidade com furos no sentido horizontal.

l) Lançamento da segunda camada de concreto: a segunda camada de concreto é aplicada preenchendo todos os vãos entre os blocos cerâmicos, treliças e armadura da viga. O adensamento é realizado por meio de vibrador de imersão. Em seguida, é realizado o sarrafeamento para o nivelamento da face da camada até o topo da fôrma. O acabamento é realizado manualmente com o auxílio de desempenadeira e esponja.

m) Desenforma, içamento e processo de cura: a desenforma e içamento dos painéis é realizada quando a resistência mínima à compressão do concreto atender a resistência especificada de 10Mpa e após 16 horas da concretagem. O processo de cura dos painéis é realizado por aspersão de água (cura úmida) por um período mínimo de 48 horas.

A Figura 21 apresenta a desenforma do painel, evidenciando o acabamento da face superior composta por viga incorporada e barras (pinos) de cisalhamento.



Figura 21 – Detalhe da desenforma da porção superior do painel (pinos de cisalhamento).

Previamente à concretagem da ligação viga-pilar e em até 72 horas da desmoldagem do painel, a seção da viga (faces transversais que contém o nicho) deve ser inspecionada e limpa com escova de aço e jateada com água sob pressão (Figura 22 e 23), de modo a retirar a nata de cimento de sua superfície. Em peças com idade superior a 72 horas, tal procedimento deve ser substituído por apicoamento e limpeza para remoção de materiais soltos, afim de melhorar a aderência.



Figura 22 – Limpeza com escova de aço dos nichos.



Figura 23 – Jateamento com água (nichos).

3.2.2. Produção dos painéis no canteiro de obras

A sequência de atividades para a produção dos painéis pré-moldados no canteiro de obras é a mesma para a produção na unidade fabril, com exceção das seguintes etapas:

- a) **Preparação das fôrmas:** previamente a montagem das fôrmas metálicas, é executada a pista de concreto com espessura mínima de 50mm. O dimensionamento da pista de concreto é determinado pelas dimensões dos painéis que serão produzidos, conforme projeto específico. As fôrmas metálicas são encaixadas junto a pista de concreto por meio de pinos metálicos espaçados a cada 2m, considerando o comprimento máximo do painel de 7m. Sobre a pista de concreto são posicionadas chapas de aço galvanizado com espessura de 0,80mm.
- b) **Aplicação do desmoldante:** é aplicado desmoldante de base vegetal com o auxílio de pulverizador.
- c) **Desenforma:** a desenforma dos painéis é realizada após 16 horas da concretagem e providenciado acabamento e nivelamento da face do painel e, em seguida as fôrmas metálicas são remontadas sobre o painel concretado e acomodadas com o auxílio de pinos metálicos (Figura 24). Na sequência são posicionadas as chapas de aço galvanizado destinadas à separação entre painéis, permitindo o início da moldagem do próximo painel (Figura 25). O empilhamento máximo de painéis é de 16 unidades.



Figura 24 – Fôrmas metálicas acomodadas com auxílio de pinos metálicos.



Figura 25 – Posicionamento das chapas de aço galvanizadas.

Observa-se que, previamente à concretagem da ligação viga-pilar, devem ser realizados os procedimentos apresentados em 3.2.1, alínea m);

- d) **Içamento, processo de cura e estocagem:** os painéis são içados por meio de grua ou guindaste até o local de estocagem. O içamento é realizado após a obtenção de resistência à compressão de no mínimo 10MPa, verificada por meio da moldagem de corpos de prova no momento da concretagem, referente ao último painel moldado na pilha, após 16 horas da concretagem. O processo de cura é realizado por meio da cobertura com lona plástica do último painel pré-moldado.

3.2.3. Processo de montagem em obra

As estruturas das edificações são compostas por vigas (incorporadas ao painel pré-moldado) e pilares em concreto armado, moldados no local. As lajes pré-fabricadas são simplesmente apoiadas sobre as vigas, contudo foi considerada na análise estrutural a hipótese das mesmas trabalhando como diafragmas rígidos para distribuição das ações devidas ao vento, uma vez que existe vinculação entre as lajes e as vigas após a concretagem no local.

A fundação é realizada de acordo com o projeto executivo específico. A sequência para a montagem dos painéis pré-moldados em obra e detalhes de interfaces estão apresentadas nas alíneas de a) a h).

- a) **Assentamento dos painéis de parede:** os painéis são içados por meio de grua ou guindaste (Figura 26) e posicionados conforme especificado no projeto executivo de montagem. Os painéis são apoiados sobre barras metálicas com $\varnothing 12,5\text{mm}$ dispostas ao longo de suas espessuras (Figura 27) e escorados por meio de dispositivos metálicos (escoras telescópicas) fixados nas paredes e pisos. Em seguida é verificado o alinhamento e prumo dos painéis com o auxílio de esquadro metálico e prumo de peso



Figura 26 – Içamento do painel por meio de grua.



Figura 27 – Painel apoiado sobre barras metálicas com fixação provisória por meio de escoras.

- b) **Posicionamento das armaduras dos pilares:** as armaduras dos pilares são posicionadas conforme projeto estrutural em conformidade com a ABNT NBR 6118. Em seguida é realizada a ligação das esperas das vigas junto à armadura do pilar com auxílio de arame recozido (Figura 28). Nessa região são colocados estribos de reforço do pilar, conforme projeto estrutural. Na sequência, são posicionados os espaçadores (Figura 29).



Figura 28 – Ligação das esperas da viga junto à armadura do pilar.



Figura 29 – Posicionamento dos espaçadores plásticos circulares.

- c) **Concretagem dos pilares:** realizada com auxílio de fôrmas compostas por compensado de madeira ou por perfis e chapas metálicas (Figura 30); essas são posicionadas e fixadas por meio de dispositivos metálicos (Figura 31). Em seguida é realizada a concretagem e adensamento com auxílio de vibrador do tipo agulha, providenciando completo preenchimento das formas, evitando-se a formação de nichos.



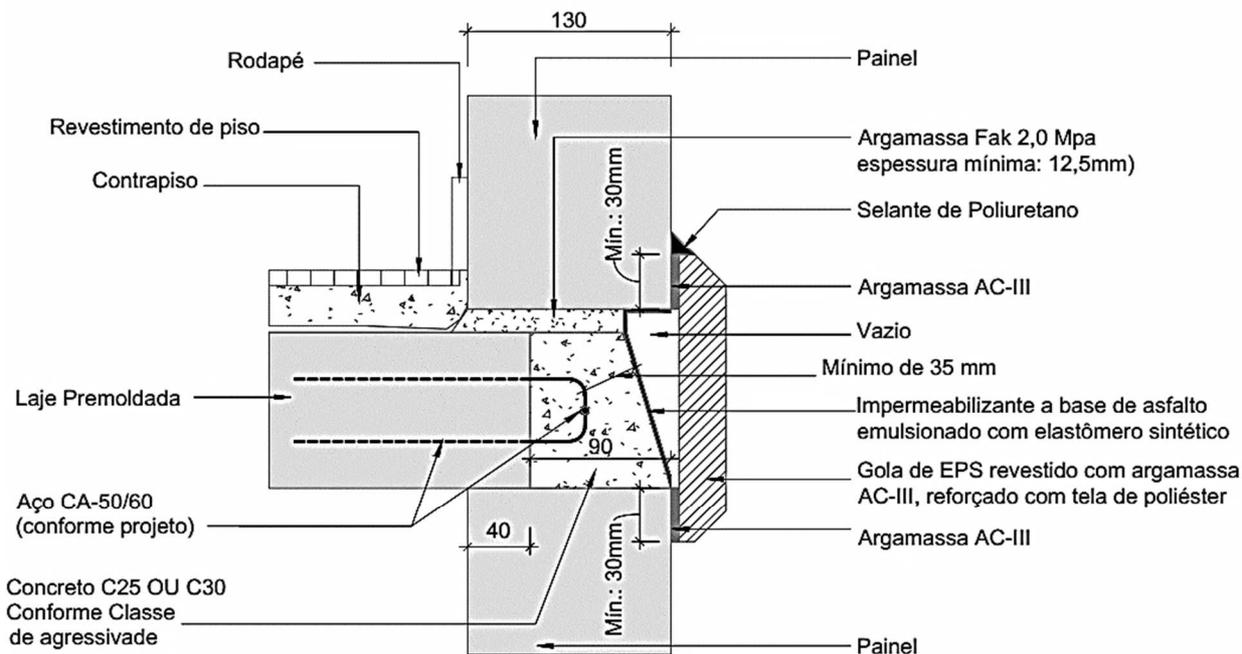
Figura 30 – Fixa o da f rma para concretagem do pilar



Figura 31 – Dispositivos metálicos.

- d) **Interface entre painel de parede e laje de piso:** após o lançamento da laje pré-moldada sobre o painel do pavimento inferior,   conformada "pingadeira chanfrada" por meio da aplicação de concreto (C25 ou C30). Ressalta-se que para a conformação da pingadeira   utilizada f rma metálica fixada à laje com auxílio de parafuso metálico e bucha plástica (S6), previamente ao lançamento dos painéis sobre a mesma. A aplicação do concreto (mesmo utilizado na concretagem dos pilares do pavimento inferior) ocorre no mesmo momento do preenchimento das fôrmas dos pilares do pavimento inferior, sendo a desforma do chanfro realizada após 16h da concretagem.

Após 7 dias da concretagem dos pilares, as barras metálicas ($\varnothing 12,5\text{mm}$) existentes sob os painéis são removidas, sendo o vão entre a laje e a base do painel pré-moldado preenchido, pela face interna, com argamassa ($f_{ak} = 2,0 \text{ MPa}$). A junta externa entre painel superior, painel inferior e laje (já com a pingadeira devidamente moldada) recebe pintura de impermeabilizante flexível monocomponente de base elastomérica. O acabamento final da junta é providenciado por gola de EPS, fixada com auxílio de argamassa ACIII, sendo a borda superior da mesma vedada com selante de poliuretano. A Figura 32 apresenta de modo esquemático o tratamento e conformação da junta.



Observação:

As especificações do concreto, aço CA e recobrimentos das armaduras atendem a ABNT NBR 6118

Figura 32 – Desenho esquemático da interface entre painel e laje (pingadeira).

e) Interface entre laje de piso e viga:

As Figuras 33 e 34 mostram detalhes típicos de execução das ligações entre lajes e vigas, de modo a evidenciar o funcionamento das lajes do pavimento como diafragmas rígidos.

O vão conformado entre as lajes e a face superior da viga do pavimento inferior é preenchido com concreto especificado em projeto.

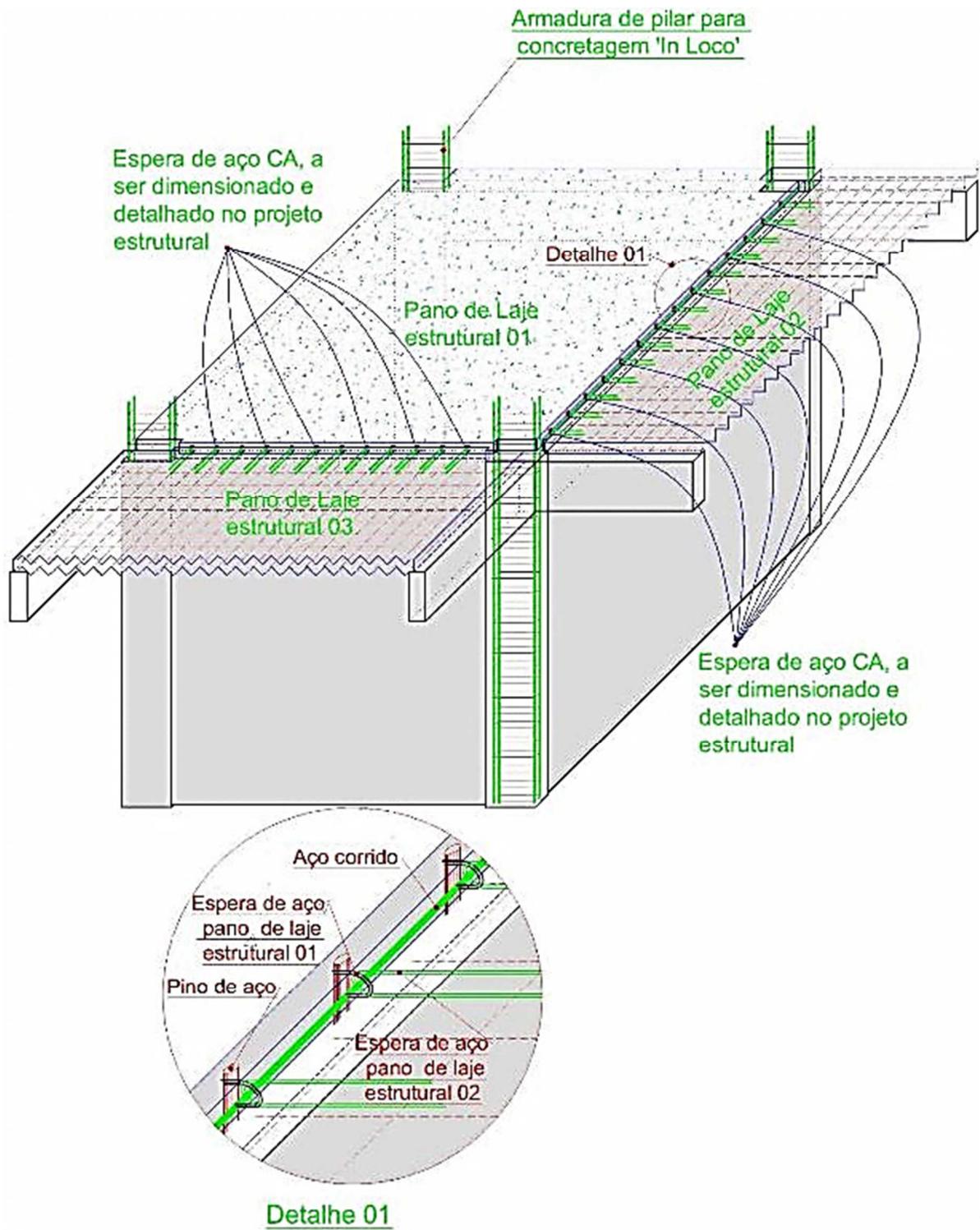


Figura 33 – Desenho esquemático das ligações entre lajes e viga.



Figura 34 – Detalhes das ligações entre lajes.

- f) **Interface entre painéis de parede e instalações:** as tubulações de elétrica são posicionadas nos painéis durante o processo de produção. As tubulações de hidráulica são embutidas nos painéis pré-moldados específicos após a montagem dos painéis em obra. Os blocos cerâmicos nos locais de passagem das tubulações dos painéis pré-moldados são removidos para a instalação das tubulações de hidráulica (Figuras 35 e 36). Em seguida, após a instalação das tubulações, os vãos são preenchidos com argamassa. As prumadas de alimentação hidráulica são instaladas em *shafts*. As tubulações de gás são distribuídas por meio de *shafts* específicos, em conformidade com a ABNT NBR 15526 – Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais – Projeto e execução.



Figura 35 – Remoção dos blocos cerâmicos para a instalação das tubulações de hidráulica.



Figura 36 – Instalação das tubulações de hidráulica.

- g) **Interface entre painéis de parede e esquadrias:** a fixação das esquadrias é realizada por meio de parafuso e bucha plástica e os vãos preenchidos com espuma de poliuretano. As juntas da interface entre janelas e painéis pré-moldados recebem tratamento com selante polimérico.
- h) **Revestimento e acabamento dos painéis de parede:** a face dos painéis pré-moldados voltados para o interior da edificação recebem massa corrida a base de PVA ou gesso liso e duas demãos de pintura de base acrílica. O acabamento dos ambientes de banheiro, cozinha e área de serviço é realizado em placas cerâmicas aplicadas diretamente sobre o painel, do piso ao teto. Observa-se que a altura do revestimento cerâmico pode variar de acordo com a legislação e ou exigências do agente financiador. Ressalta-se que os painéis pré-moldados que compõe a área do box, recebem previamente impermeabilização por meio de argamassa polimérica de base cimentícia. A face externa recebe uma demão de selador acrílico e textura acrílica.
- i) **Revestimentos de piso e interface com os painéis de parede:** nos ambientes de áreas molhadas e/ou molháveis, sobre todo o contrapiso é aplicada uma primeira demão de

argamassa polimérica de base cimentícia até a altura de 200mm (Figuras 37 e 38), conformando um barrado. Adicionalmente, todas as juntas entre painéis pré-moldados e contrapiso, recebem tela poliéster de modo a conformar um “L” com 200mm de lado (Figuras 37 e 38), sobreposta por uma segunda demão de argamassa polimérica. A Figura 41 apresenta desenho esquemático da impermeabilização das áreas molhadas e molháveis. Todos os ambientes recebem revestimento em placas cerâmicas, soleiras de granito e rodapés cerâmicos.



Figura 37 – Lançamento do contrapiso.



Figura 38 – Aplicação de tela poliéster sobre contrapiso impermeabilizado com argamassa polimérica (1ª demão).



Figura 39 – Aplicação da argamassa polimérica (2ª demão).



Figura 40 – Tratamento da interface da tubulação de esgoto e contrapiso com aplicação de tela poliéster e argamassa polimérica.

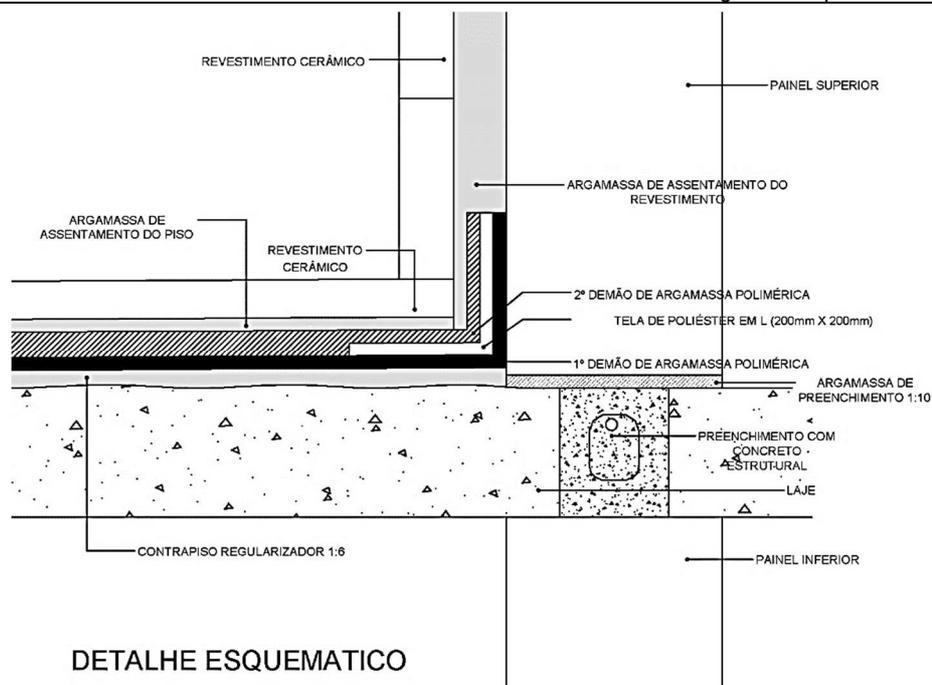


Figura 41 – Desenho esquemático – impermeabilização da área molhada e molháveis.

4. Avaliação técnica

A avaliação técnica foi conduzida conforme a Diretriz SiNAT N°002 – REV.02 – Sistemas construtivos integrados por painéis pré-moldados para emprego como paredes de edifícios habitacionais, a partir da análise de projetos, ensaios laboratoriais, verificações analíticas do comportamento estrutural, auditorias técnicas na unidade fabril e em obras e demais avaliações que constam dos relatórios técnicos e de ensaios citados no item 6.

4.1. Desempenho estrutural

Os painéis pré-moldados sem função estrutural foram avaliados considerando os requisitos de resistência a cargas horizontais (cargas de vento) e de resistência a cargas verticais (permanente e acidental), resistência a impactos de corpo mole e de corpo duro, resistência a peças suspensas e resistência à solicitação de portas. Adicionalmente, foi verificada a resistência estrutural do painel considerando os momentos transitórios (desenforma e içamento) e a capacidade dos pilares de receberem cargas do pavimento superior.

Para a obtenção das envoltórias das solicitações considerou-se a superposição dos efeitos produzidos pelas diversas combinações de cargas, incluindo peso próprio, cargas acidentais e ação do vento.

O modelo estrutural adotado considerou todas as estruturas em concreto armado, sendo as vigas pré-moldadas (incorporadas aos painéis pré-moldados de vedação sem função estrutural), as lajes pré-moldadas simplesmente apoiadas sobre as vigas e apenas os pilares moldados no local. As ligações entre vigas e pilares são executadas no local quando da concretagem dos pilares, de forma a tornar a estrutura de vigas e pilares um pórtico espacial monolítico com ligações semirrígidas.

Os esforços globais foram obtidos por meio de processamento de pórtico espacial, considerando o engastamento parcial das vigas aos pilares.

As lajes foram consideradas como simplesmente apoiadas nas vigas (não há armaduras negativas entre as lajes), entretanto as lajes são vinculadas entre si e ligadas as vigas por meio de grampos e pinos conectores de cisalhamento. A vinculação entre as lajes e as vigas são executadas no local quando da concretagem dos espaços entre as lajes pré-fabricadas, tornando as lajes de cada pavimento com comportamento de diafragma rígido. Quanto aos pilares do pórtico espacial, considera-se os nós engastados, sendo engastamento parcial nos níveis de laje e engastamento total na fundação.

Para a confirmação que o painel sem função estrutural pré-moldado não recebe carregamentos, foram realizados ensaios laboratoriais de compressão centrada no painel pré-moldado com viga incorporada e dois pilares moldados a posteriori. Por meio do ensaio verificou-se que o vão de 12,5mm (entre a base do painel e a laje de piso) previsto na montagem dos painéis pré-moldados em obra é maior que os deslocamentos verticais (serviço e ruptura) obtidos nos ensaios.

O projeto estrutural considera que o painel de vedação é engastado na viga estrutural, transmitindo-lhe cargas verticais. Na análise estrutural não é atribuída função estrutural aos painéis, somente as vigas superiores. Cada elemento estrutural (vigas, pilares e lajes) foi ou devem ser dimensionados de forma a resistir todos os esforços solicitantes e os estados limites de ruptura e de serviço, em conformidade com as prescrições da ABNT NBR 6118.

Nos ensaios, para a verificação de possíveis deslocamentos verticais oriundos do carregamento, foi deixado um espaço livre de 100mm entre a base do painel e a laje de piso do laboratório. Os painéis foram submetidos a cargas verticais concentradas no centro dos respectivos comprimentos, aplicadas através do pórtico de reação. O carregamento foi aplicado com taxa crescente até o momento da ruptura, sendo medidos os deslocamentos verticais (flecha) no espaço livre entre a base do painel e a laje de piso do laboratório, bem como o monitoramento do aparecimento de fissuras no painel e na estrutura composta por viga e pilares.

Foram ensaiados três painéis de 5470mm de comprimento por 2780mm de altura e 130mm de espessura. Na porção superior do painel foi incorporada uma viga de concreto armado de 130mm x 400mm e nas extremidades laterais dois pilares de concreto armado de 130mm x 400mm.

A Tabela 01 apresenta uma síntese dos resultados dos ensaios de compressão centrada realizados em laboratório.

Tabela 01 – Síntese dos resultados dos ensaios de compressão centrada

Corpo de prova ensaiado	Carga de serviço ^a (kgf)	Deslocamento vertical – serviço (mm)	Carga de ruptura (kgf)	Deslocamento vertical – ruptura (mm)
CP 1	26753	0,61	46490	2,36
CP 2	9494	1,01	24784	25,45
CP 3 ^b	22846	0,65	42780	1,67

Notas:

(a) Verificada quando do aparecimento das primeiras fissuras no painel;

(b) Foram cortadas as 2 barras de aço CA-60 de Ø5mm posicionadas na porção inferior do painel pré-moldado (Figura 08).

Considerando os resultados apresentados na Tabela 01 e análise estrutural, verifica-se que o comportamento do painel pré-moldado se aproxima ao daquele observado numa viga Vierendel (Figura 42).

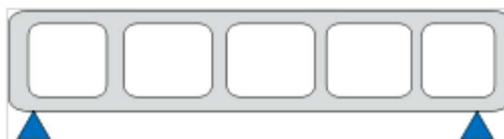


Figura 42 – Viga Vierendel.

Numa viga Vierendel as barras horizontais recebem o nome de membruras e as verticais de montantes. As barras da membrura superior e os montantes são solicitados por compressão axial, momento fletor e força cortante. As barras da membrura inferior são solicitadas por tração axial, momento fletor e força cortante.

No painel, a membrura inferior é representada por 2 barras de aço CA-60 de Ø5mm posicionadas em sua base inferior. Os montantes compreendem as nervuras verticais de concreto armado e a membrura superior a viga na porção superior do painel.

O que caracteriza o comportamento deste modelo estrutural é a rigidez, bem como a capacidade de resistir a esforços de flexão. A rigidez e a resistência são dependentes principalmente da altura considerada. Portanto, como os painéis ensaiados possuem altura expressiva (2.780mm), as respectivas capacidades resistentes e rigidez à flexão são superiores ao da viga de concreto armado de 130mm x 400mm. Contribuem também para a resistência do painel, as duas camadas de concreto de 20mm de espessura, as quais constituem o seu revestimento.

O projeto estrutural da edificação não considerou a contribuição do painel como parte integrante da estrutura, isto é, a estrutura foi dimensionada com a viga isoladamente para receber todo o carregamento vertical proveniente do peso próprio do painel e da ação das lajes que nela se apoiam, a presença das nervuras, barras de aço na porção inferior e as camadas de revestimento de concreto conferem à estrutura reserva de rigidez e de resistência.

Os resultados obtidos nos ensaios experimentais comprovam a afirmativa de que a carga para levar o painel à ruptura é elevada e consideravelmente superior aquelas que seriam obtidas no pórtico (pilares + viga) sem os painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural. Para comprovar essa afirmação, foi utilizado o conceito de determinação do valor teórico da carga última da viga superior submetida a uma carga concentrada (P) no centro do comprimento (L) de uma viga bi-apoiada sem engaste parcial nos pilares (Figura 43), conforme estabelecido na ABNT NBR 6118.

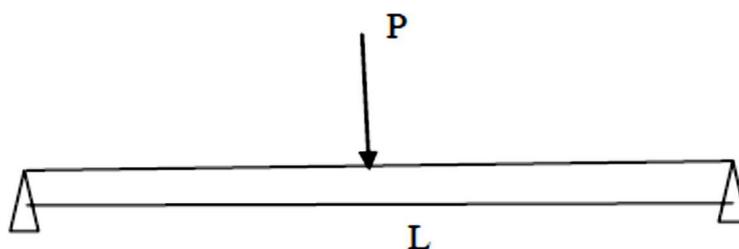


Figura 43– Viga Vierendel.

Conforme o projeto estrutural dos painéis pré-moldados, temos que as vigas possuem comprimento de 5070mm, com seção de 130mm x 400mm, área de aço de 2cm² (4 Φ 8mm) e concreto com resistência característica (f_{ck}) de 20MPa.

Utilizando-se desses valores, obtém-se um momento último ($M_{\text{último}}$) de 2885kgf.m e, conseqüentemente, uma carga última ($P_{\text{último}}$) de 2276kgf.

Deve-se esclarecer que o valor teórico da carga de ruptura da viga é inferior ao valor que seria obtido se levássemos em consideração o engastamento parcial da viga aos pilares, porém da mesma ordem de grandeza. Assim fica demonstrado que o menor valor obtido nos ensaios é muito superior ao valor teórico da carga última na viga ($P_{\text{última de ensaio}} = 24784\text{kgf} \gg P_{\text{última teórica da viga}} = 2276\text{kgf}$).

Desta forma, embora o painel seja dimensionado com estrutura apenas para resistir às solicitações provenientes da desenforma, transporte e içamento, ele acaba por introduzir no sistema estrutural do edifício uma reserva de rigidez e de resistência.

O deslocamento vertical – ruptura (Tabela 01) medido durante os ensaios demonstram que o vão de 12,5mm (entre a base do painel e a laje de piso) é suficiente para evitar a transmissão de cargas do painel de um pavimento para a viga do pavimento inferior.

Portanto, as deformações das vigas, e por consequência dos painéis a elas vinculados, estão dentro dos limites estabelecidos pela ABNT NBR 6118. O vão entre a laje de piso e o fundo do painel são superiores às flechas calculadas no tempo infinito, de forma que a possibilidade do painel apoiar-se na viga do andar inferior está em conformidade com os limites estabelecidos em normas. O vão é preenchido com argamassa fraca ($f_{ak} = 2\text{MPa}$), a partir da retirada dos tarugos de aço de 12,5mm (retirados a partir de 7 dias após a concretagem do pilar), evitando-se a transferência de esforços para o pavimento inferior, de modo similar ao encunhamento de paredes no sistema construtivo convencional.

Caso haja necessidade, o painel de vedação vertical (constituído de blocos cerâmicos, nervuras e barras de reforço em aço posicionadas na sua porção inferior), poderá ser removido após sua montagem e concretagem e completa cura dos elementos estruturais, visto que o mesmo não tem função estrutural.

Foram realizados ensaios para verificação da resistência a impactos de corpo mole e de corpo duro e os resultados indicam que o corpo de prova não apresentou falhas (fissuras, moissas e frestas) e/ou rupturas nos componentes da parede, demonstrando atendimento aos critérios estabelecido na Diretriz SiNAT N°002 – REV.02.

No ensaio de solicitações transmitidas por portas, considerando fechamento brusco e impacto de corpo mole não foram observadas falhas (fissurações, destacamentos, entre outros) no encontro com o marco, cisalhamentos nas regiões de solidarização do marco com a parede, nem destacamentos em juntas entre componentes das paredes, demonstrando atendimento ao critério estabelecido na Diretriz SiNAT N°002 – REV.02.

Os ensaios de verificação da capacidade de suporte de peças suspensas consideraram dispositivo padrão com duas mãos francesas e carga aplicada em cada peça, considerando os dois pontos de 1,0kN. Os tipos de dispositivos de fixações empregados nos ensaios foram: bucha plástica S10 e parafuso metálico de cabeça sextavada. Os resultados obtidos nos ensaios demonstraram atendimento aos critérios mínimos da Diretriz SiNAT N°002 – REV.02.

4.2. Estanqueidade à água

Foram realizados ensaios de estanqueidade à água na interface entre painel e janela. Os ensaios consistiram em submeter, durante um período de 7h, as faces externas dos corpos de prova a uma vazão de água de 3L/min/m², criando uma película homogênea e contínua, com a aplicação simultânea de uma pressão pneumática de 50Pa sobre essa mesma face. Os resultados obtidos demonstram que foram atendidos os requisitos de desempenho prescritos pela ABNT NBR 15575-4:2013 – Edificações habitacionais – Parte 4.

Foram também realizadas análises do projeto para avaliar os aspectos que influenciam a estanqueidade à água dos painéis pré-moldados das fontes de umidade externas e internas à edificação.

A estanqueidade à água das paredes externas e internas é considerada satisfatória, em razão, das características construtivas do painel e das soluções adotadas entre interfaces e nos revestimentos e acabamentos. A face externa dos painéis recebe selador acrílico e textura acrílica e a face interna dos painéis recebe pintura acrílica e revestimento cerâmico.

Quanto à estanqueidade da interface entre painéis de parede e de pisos internos, verificou-se que em todos os ambientes de áreas molháveis (cozinha, lavabo, varanda coberta) ou molhadas (banheiro e área de serviço) são especificados revestimentos cerâmicos. Adicionalmente, entre o piso do box e o piso do banheiro é prevista “baguete” em granito com 40mm de espessura (pedra dupla justaposta) e altura de 25mm, promovendo desnível de 15mm com relação ao piso acabado (do box e do banheiro).

Os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais, as análises realizadas nos projetos executivos e a verificação efetiva em obra indicam atendimento ao requisito especificado na Diretriz SiNAT N°002 – REV.02.

4.3. Desempenho térmico

Foram realizadas simulações computacionais para avaliação de desempenho térmico para as oito zonas bioclimáticas (Z1 a Z8 indicadas na norma ABNT NBR 15220). As simulações computacionais foram realizadas utilizando o software *EnergyPlus* para edifícios habitacionais multifamiliares de múltiplos pavimentos.

O estudo computacional considerou as seguintes características relevantes para análise do desempenho térmico:

- Parede: painel pré-moldado com espessura de 130mm conformado por: duas camadas de concreto com espessura de 20mm (densidade de 2400kg/m³, condutividade térmica de 1,75W/(m.K) e calor específico de 1000J/kg.K) e miolo de bloco cerâmico com espessura de 90mm (densidade 868kg/m³, condutividade térmica de 0,90W/(m.K) e calor específico de 920J/kg.K);
- Forro: laje de concreto armado com espessura de 100mm (densidade de 2200kg/m³, condutividade térmica de 1,75W/(m.K) e calor específico de 1000J/kg.K);
- Sistema de cobertura: telha de aço galvanizado com espessura de 0,43mm (densidade de 7800kg/m³, condutividade térmica de 55,00W/(m.K), calor específico de 460J/kg.K e coeficiente de absorção térmica (α) de 0,15;
- Sistema de piso: laje de concreto com espessura de 100mm (densidade de 2200kg/m³, condutividade térmica de 1,75W/(m.K) e calor específico de 1000J/kg.K);
- Janelas dos dormitórios com tipologia de correr, dimensões de 1200mm x 1200mm compostas por caixilhos em alumínio branco, com duas folhas de vidro incolor comum com 3mm de espessura;
- Porta da sala com tipologia de correr, dimensões de 2300mm x 2350mm compostas por caixilhos em alumínio branco, com duas folhas de vidro incolor comum com 3mm de espessura;
- Área útil de 46,5m² e área construída de 53,98m²;

- Pé direito de 2780mm.

Foram também consideradas as seguintes variáveis:

- Absorbância à radiação solar da superfície externa das paredes igual a $\alpha=0,3$ para cores claras, $\alpha=0,5$ para cores médias e $\alpha=0,7$ para cores escuras;
- Condição padrão: ambientes com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas e uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0Ren/h) e janelas sem sombreamento;
- Condição com ventilação: ambientes com ventilação de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0Ren/h) e janelas sem sombreamento;
- Condição com sombreamento: proteção interna ou externa das aberturas que impeçam a entrada de radiação solar direta ou reduza ao menos em 50% a incidência da radiação solar global nos ambientes, e ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas e uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0Ren/h) e janelas sem sombreamento;
- Condição com sombreamento e ventilação: proteção interna ou externa das aberturas que impeça a entrada de radiação solar direta ou reduza ao menos em 50% a incidência da radiação solar global nos ambientes e ventilação de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0Ren/h);

A Tabela 02 demonstra as condições de atendimento mínimo aos requisitos para o período de verão e de inverno nos ambientes dormitório, suíte e sala.

Tabela 02 – Condições necessárias para a obtenção do nível de desempenho térmico mínimo nas zonas 1 a 8 no período de verão e de inverno*

Zona Bioclimática	Cor do acabamento externo das paredes de fachada (α)			
	Condição padrão	Com sombreamento	Com ventilação	Com sombreamento e ventilação
1	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura
2	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura
3	Clara ou média	Clara ou média	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura
4	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura
5	Média e escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura
6	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura
7	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura
8	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura

(*) as zonas bioclimáticas 6, 7 e 8 não são avaliadas para a condição de inverno, conforme ABNT NBR 15575.

Verifica-se que os painéis de parede atendem a Diretriz SiNAT N°002 – REV.02 quanto ao desempenho térmico mínimo, desde que respeitadas as cores de acabamento das paredes de fachada especificadas para cada zona bioclimática.

4.3.2 Análise do risco de condensação superficial

O risco de ocorrência de condensação superficial foi avaliado considerando as oito zonas bioclimáticas utilizando-se o projeto padrão contemplado no Anexo A da Diretriz N°001 Rev. 03. Os resultados obtidos demonstram atendimento ao item 3.5.1 da Diretriz N°001 Rev. 03, a qual estabelece que para o período de um ano, o risco de condensação superficial do sistema em análise pode ser, no máximo, 20% maior que aquele de uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos de 140mm de espessura com revestimento de argamassa de 20mm de espessura em ambas as faces.

4.4. Desempenho acústico

Para avaliação do desempenho acústico dos painéis pré-moldados foram realizados ensaios em laboratório para verificar o índice de redução sonora ponderado (R_w) dos painéis de parede cegos com espessura de 130mm, 150mm e de 200mm, conforme síntese dos resultados apresentados na Tabela 03.

Tabela 03 – Síntese dos resultados obtidos em ensaio de laboratório(dB)

Elemento	Critério mínimo de desempenho (ABNT NBR 15575-4:2013) R_w (dB)	Valor determinado em ensaio de laboratório - R_w (dB)		
		espessura 130mm	espessura 150mm	espessura 200mm
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), onde não haja ambiente dormitório.	≥ 45	44	49	53
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), onde haja pelo menos um ambiente dormitório.	≥ 50			
Parede cega de dormitórios entre unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos.	≥ 45			
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos.	≥ 35			
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	≥ 50			

Os resultados apresentados na Tabela 06 permitem concluir que para o atendimento aos critérios especificados na Diretriz SiNAT N°002 REV.02, deve-se utilizar os painéis pré-moldados com as respectivas espessuras para cada situação de uso (elemento), quais sejam:

Painel com espessura de 130mm: atende somente na situação de parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos.

Painel com espessura de 150mm atende às situações: parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), onde não haja ambiente dormitório; parede cega de dormitórios entre unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos; e parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos.

Painel com espessura de 200mm: atende aos critérios de paredes cegas, conforme situações de uso estabelecidas na ABNT NBR 15575-4.

Ressalta-se que, para o uso em paredes de fachadas e em conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall devem ser utilizadas esquadrias com valores adequados de índice de redução sonora ponderado (R_w).

4.5. Durabilidade e Manutenibilidade

Para a durabilidade do painel pré-moldado misto de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural considerou-se os projetos, as características dos materiais e os procedimentos de manutenção contemplados no Manual de uso, operação e manutenção.

Verificou-se a relação entre a classe de agressividade ambiental e as características do concreto especificado, como a resistência à compressão, a relação água-cimento e o consumo mínimo de cimento. O concreto utilizado enquadra-se na classe de concreto armado C25 para as classes de agressividade ambiental I e II ($f_{ck} \geq 25\text{MPa}$, relação água/cimento $\leq 0,60$ e consumo mínimo de cimento de 280kg/m^3).

Quando da utilização do painel pré-moldado em zonas marinhas, classe de agressividade ambiental III, os painéis são produzidos com concreto $f_{ck} \geq 30\text{MPa}$, relação água/cimento $\leq 0,55$ e consumo de cimento $\geq 320\text{kg/m}^3$ (classe de concreto armado C30).

Quanto ao cobrimento das armaduras, verifica-se que as treliças e barras de aço são protegidas por uma camada de concreto de 25mm em ambas as faces para os painéis pré-moldados com 130mm de espessura. Para os painéis pré-moldados com espessura de 150mm, o cobrimento das armaduras em ambas as faces é de 35mm e para os painéis pré-moldados com espessura de 200mm o cobrimento das armaduras em ambas as faces é de 55mm.

O cobrimento nominal (C_{nom}) exigido na Diretriz SiNAT N°002 REV.02 para os painéis de parede é maior ou igual a 25mm, considerando classe II de agressividade ambiental, $f_{ck} \geq 25\text{MPa}$, relação água/cimento $\leq 0,60$ e adotando um $\Delta c = 5\text{mm}$ ($\Delta c =$ tolerância de execução para o cobrimento). Quando se supõe a existência de limites rígidos de tolerância das dimensões durante a execução, como no caso da fabricação de elementos pré-moldados, pode-se considerar $\Delta c = 5\text{mm}$. Nesse sentido, também para a classe III, com $\Delta c = 5\text{mm}$, o cobrimento nominal (C_{nom}) deve ser maior ou igual a 35mm. Assim, considerando-se a espessura dos painéis, as armaduras empregadas e o uso dos espaçadores especificados, verifica-se que é adequado o cobrimento das armaduras dos painéis pré-moldados sem função estrutural para as classes I, II e III de agressividade ambiental.

A estrutura principal e os elementos que fazem parte do sistema estrutural, comprometidos com a segurança e a estabilidade global do edifício, devem ser projetados e construídos de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizados conforme preconizado em projeto e submetidos a intervenções periódicas de manutenção e conservação, segundo instruções contidas no manual de uso, operação e manutenção, devem manter sua capacidade funcional durante toda a vida útil, conforme estabelecido na seção 14 e no Anexo C da ABNT NBR 15575-1:2013.

Os painéis de fachada foram expostos ao ensaio de choque térmico (calor e resfriamento por meio de jato de água) composto por dez ciclos sucessivos. O resultado do ensaio demonstrou a não ocorrência de falhas como fissuras, destacamentos, deformações, empolamentos, descoloração ou outros danos e deslocamento horizontal instantâneo (d_h) inferior a 8,67mm.

A manutenção dos painéis pré-moldados que compõem a edificação deve ser prevista e realizada conforme estabelecido no Manual de uso, operação e manutenção (Manual do Proprietário). Nele constam os prazos de vida útil de projeto (VUP) com respectivo programa de manutenções preventivas e corretivas, além de informações como: condições de uso (fixação de peças suspensas), localização das instalações hidráulicas e elétricas e respectivas formas de inspeções e manutenções. O Manual de uso, operação e manutenção foi elaborado em conformidade com a norma ABNT NBR 14037:2011 – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos e com a ABNT NBR 15575:2013 – Parte 1.

4.6. Segurança ao fogo

Os painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural são compostos por materiais incombustíveis, não se caracterizando como propagadores de incêndio. Também apresentam características adequadas de se cumprir o requisito de não geração excessiva de fumaça, não agravando o risco de impedir a fuga dos ocupantes em situações de incêndio.

Foi realizado ensaio laboratorial de resistência ao fogo em parede com 130mm de espessura com a aplicação de carga de serviço de 1.063kg/m . Os resultados obtidos demonstram que o painel pré-moldado sem função estrutural com a viga incorporada apresentou resistência ao fogo, no grau corta-fogo, pelo período de 120 minutos.

Verifica-se que os painéis pré-moldados sem função estrutural atendem ao critério estabelecido na Diretriz SiNAT N°002 – REV.02 quanto à segurança contra incêndio para edifícios habitacionais multifamiliares de até 28 pavimentos. Vale ressaltar que o proponente deve elaborar projetos específicos para cada tipologia, levando-se em consideração as exigências contidas nas regulamentações do Corpo de Bombeiros do Estado em que a construção será edificada, atender as exigências com relação a ABNT NBR 14432 e regulamentos municipais específicos.

As instalações elétricas de baixa tensão e de gás combustível (GLP) devem estar em conformidade com a ABNT NBR 5410 e ABNT NBR 15526, respectivamente.

5. Controle da qualidade

A Moremais Tech Ltda. deve manter controles necessários para a qualidade do processo de produção (unidade fabril e canteiros de obras) e de montagem do produto. Os controles são fundamentados por documentações técnicas que compreendem:

- Recebimento e aceitação de materiais e componentes dos painéis pré-moldados, tais como: blocos cerâmicos, armaduras, cimento, areia, brita e concreto dosado em central (são realizados ensaios de abatimento (*slump*) e da resistência à compressão na idade de desenforma – 16 horas e aos 28 dias);
- Sequência e verificação das etapas de produção dos painéis pré-moldados, tais como: posicionamento e limpeza das fôrmas metálicas, posicionamento e cobrimento das armaduras, posicionamento dos blocos cerâmicos, execução do concreto, lançamento e adensamento das camadas de concreto, cura, transporte e armazenamento;
- Recebimento e aceitação dos painéis pré-moldados após a desenforma: identificação e rastreabilidade dos painéis, tolerâncias geométricas, posição e quantidade de alças de içamento, aparência e eventual presença de falhas, fissuras, destacamentos, porosidade excessiva, entre outros;
- Sequência e verificação das etapas de montagem dos painéis pré-moldados, tais como: locação das paredes, transporte, ligação entre painel e o elemento de fundação, ligação entre painel e pilares, ligação entre painel e laje, travamento e escoramento dos painéis, verificação do alinhamento e prumo, verificação das dimensões dos ambientes, interface entre painel e esquadrias e aceitação da montagem finalizada.

Foram realizadas auditorias técnicas na unidade de produção e em obras, tanto em execução quanto finalizadas, o que permitiu avaliar o desempenho global das unidades habitacionais e o comportamento potencialmente positivo do produto quanto ao controle de qualidade de produção e de montagem, denotando atendimento ao especificado na Diretriz SiNAT N°002 – REV.02.

O controle de patologia ou reparos pós-ocupação deve ser evidenciado pelo proponente, acompanhado dos procedimentos e ações pertinentes, atendendo aos prazos de garantia.

6. Fontes de informação

As principais fontes de informação são os documentos técnicos da empresa e os relatórios técnicos e de ensaios dos painéis pré-moldados.

6.1. Documentos da empresa

- Projetos executivos arquitetônicos, estruturais, instalações de hidráulica e de elétrica, e produção e montagem e detalhamentos executivos;
- Projeto Arquitetônico do Edifício Diamante II (28 pavimentos);
- Projeto Estrutural do Edifício Diamante II (28 pavimentos);
- Análise da conformidade do Projeto Estrutural do Edifício Diamante II (28 pavimentos);
- Memorial descritivo do Edifício Diamante (8 pavimentos);
- Memória de Cálculo Estrutural do Edifício Diamante (8 pavimentos);
- Memória de Cálculo Estrutural do Edifício Diamante II (28 pavimentos);
- Procedimentos de produção e montagem e fichas de controle e recebimento;
- Manual de uso, operação e manutenção do Edifício Diamante (Manual do proprietário).

6.2. Relatórios Técnicos e Relatórios de Ensaio

- Relatório Técnico de Avaliação N°008/2014 –Painéis de vedação sem função estrutural pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos, IFBQ (janeiro, 2015);
- Relatório Técnico N°002/2021 – Avaliação de requisitos inerentes à alteração do número de pavimentos para edifícios multifamiliares do sistema construtivo previsto no DATec N°031- A (abril, 2021);
- Relatório de Auditoria Técnica N°05/2014 –Auditoria Pré DATec, IFBQ (janeiro, 2015);
- Relatório de Auditoria Técnica N°05/2017 –1ª Manutenção Periódica – DATec N°031, IFBQ (dezembro, 2017);
- Relatório de Auditoria Técnica N°07/2018 – 2ª Manutenção Periódica – DATec N°031, IFBQ (maio, 2018);
- Relatório de Auditoria Técnica N°11/2018 –Renovação do DATec N°031, IFBQ (novembro, 2018);
- Relatório Técnico de Análise de Risco de Condensação do Sistema Construtivo Moremais - Fundação Christiano Ottoni – UFMG, versão 2 (abril, 2021);
- Relatório de Ensaio N° 1 026 117-203 – Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos/CETAC – IPT - Ensaio físico-mecânicos em concreto (outubro, 2011);
- Relatório de Ensaio N° 1 028 216-203 – Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos/CETAC – IPT - Determinação das características geométricas – blocos cerâmicos (dezembro, 2011);
- Relatório de Ensaio N° 1 028 217-203 – Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos/CETAC – IPT - Determinação da área líquida – blocos cerâmicos (dezembro, 2011);
- Relatório de Ensaio N° 1 028 218-203 – Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos/CETAC – IPT - Determinação da massa e da absorção de água – blocos cerâmicos (dezembro, 2011);
- Relatório de Ensaio N° 1 028 219-203 – Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos/CETAC – IPT - Determinação da resistência à compressão – blocos cerâmicos (dezembro, 2011);
- Relatório Técnico da verificação da resistência do painel de vedação do sistema construtivo Laccheng aos esforços de desenforma e içamento e da capacidade resistente dos pilares aos 3 e 7 dias após a concretagem, Versão 2, Fundação Christiano Ottoni / UFMG (junho, 2015);
- Relatório Técnico de Ensaio de Desempenho Estrutural, Versão 1 - Ensaio de compressão centrada, Fundação Christiano Ottoni / UFMG (novembro, 2013);
- Relatório de Ensaio N° 1 049 304-203 – Laboratório de Segurança ao Fogo e Explosões/CETAC – IPT - Ensaio de verificação da resistência ao fogo em parede com função estrutural (setembro, 2013);
- Relatório de Ensaio N° 1 028 215-203 – Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos/CETAC – IPT - Ensaio de verificação da resistência à ação do calor e choque térmico (dezembro, 2011).
- Relatório Técnico N° 126 015-205 – Centro de Tecnologia de Obras de Infraestrutura – CT-Obras – Secção de Engenharia de Estruturas – SEE – IPT - Ensaio de compressão excêntrica (novembro, 2011);
- Relatório de Ensaio N° 1 028 214-203 – Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos/CETAC – IPT - Ensaio de resistência a impactos de corpo mole e corpo duro; solicitações transmitidas por portas para as paredes e solicitações de cargas de peças suspensas atuantes nos painéis de parede (dezembro, 2011);
- Relatório de Ensaio de Estanqueidade, Revisão 0 –novembro de 2013 – Fundação Christiano Ottoni – UFMG (Ensaio de estanqueidade na interface entre parede e janela);
- Relatório Técnico do Desempenho Térmico, Revisão 2– Fundação Christiano Ottoni / UFMG - Avaliação do desempenho térmico do sistema construtivo em estrutura de concreto armado com

vedações em painéis pré-fabricados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos, nas 8 Zonas Bioclimáticas (março, 2019);

- Relatório de Ensaio N° 026 168-203 – Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios – LCA/CETAC – IPT - Ensaio de determinação da isolamento sonora – painel com 130mm de espessura (outubro, 2011);
- Relatório de Ensaio N° 1 070 947-203 – Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios – LCA/CETAC – IPT - Ensaio de determinação da isolamento sonora – painel com 150mm de espessura (junho, 2015);
- Relatório de Ensaio N° 1 070273-203 – Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios – LCA/CETAC – IPT - Ensaio de determinação da isolamento sonora – painel com 200mm de espessura (maio, 2015).

7. Condições de emissão do DATec

Este Documento de Avaliação Técnica, DATec, é emitido nas condições a seguir descritas, conforme Regimento geral do SiNAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores, Capítulo VI, Art. 22:

- a) o Proponente é o único responsável pela qualidade do produto avaliado no âmbito do SiNAT; o Proponente deve produzir e manter o produto, bem como o processo de produção, nas condições de qualidade e desempenho que foram avaliadas no âmbito SiNAT;
- b) O Proponente para definição da auditoria técnica periódica deverá encaminhar ao IFBQ, uma relação de todas as obras (tanto em execução quanto finalizadas), próprias ou de terceiros, nas quais foi empregado o produto inovador, para que o IFBQ selecione o local a ser auditado;
- c) comunicar ao IFBQ eventuais desvios verificados no uso da tecnologia objeto do DATec sob sua responsabilidade;
- d) facilitar ao IFBQ o acesso a documentos, informações e visitas técnicas de avaliação do produto;
- e) informar ao IFBQ a execução de novos empreendimentos com uso do sistema avaliado;
- f) informar ao IFBQ sempre que houver transferência de tecnologia de uso do sistema por empresas além da detentora;
- g) utilizar informações do SiNAT relativas ao produto somente durante o período de validade dos documentos;
- h) manter documentos para rastreabilidade do produto;
- i) exercer controle da qualidade sobre o produto, seja na fábrica ou em canteiro de obras, mantendo-se registro de dados e das ocorrências, inclusive de não conformidades e ações corretivas, incluindo controles exercidos sobre terceiros que adotem o produto, disponibilizando essas informações sempre que solicitadas pelo IFBQ ou pelas instâncias do SiNAT;
- j) o Proponente deve produzir o produto de acordo com as especificações, normas e regulamentos aplicáveis, incluindo as diretrizes SiNAT;
- k) o Proponente deve empregar e controlar o uso do produto, ou sua aplicação, de acordo com as recomendações constantes do DATec concedido e literatura técnica da empresa;
- l) o IFBQ e as diversas instâncias do SiNAT não assumem qualquer responsabilidade sobre perda ou dano advindos do resultado direto ou indireto do produto avaliado.

A Detentora da Tecnologia, Moremais Tech Ltda., compromete-se a:

- a) manter o produto e o processo de produção nas condições gerais de qualidade em que foram avaliados neste DATec, elaborando projetos específicos para cada empreendimento;
- b) produzir o produto de acordo com as especificações, normas técnicas e regulamentos aplicáveis;
- c) manter a capacitação da equipe de colaboradores envolvida no processo;
- d) manter assistência técnica, por meio de serviço de atendimento ao cliente.

O produto deve ser utilizado de acordo com as instruções do produtor e recomendações deste Documento de Avaliação Técnica.

O SiNAT e a Instituição Técnica Avaliadora, no caso o IFBQ, não assumem qualquer responsabilidade sobre perda ou dano advindos do resultado direto ou indireto deste produto.

Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H
Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SiNAT
Brasília, DF, 10 de junho de 2021.