

 <p>IFBQ FALCÃO BAUER</p> <p>Rua Aquinos, 111 - Água Branca 05036-070 - São Paulo/SP Tel/Fax (11) 3611-0833</p> <p>www.institutofalcaobauer.com.br inovacons@falcaobauer.com.br</p>	<p>Produto Painéis estruturais pré-moldados mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas ITC - Casa Express</p> <p>Proponente: ITC – Inovação, Tecnologia e Comércio em Construções Ltda. Av. João Ferrari, 603, sala 07 - Bairro Residencial Alonso Carmona Ortiz. CEP: 13976-591 – Itapira – São Paulo Tel.: (19) 99700-2818 Email: diretoria@casaexpressoficial.com</p>	 <p>PBQP-H PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT</p>  <p>SiNAT</p>
<p>Emissão Outubro de 2024 Validade Setembro de 2027</p>	<p><i>Considerando a avaliação técnica coordenada pela ITA Instituto Falcão Bauer da Qualidade, IFBQ, e a decisão dos Técnicos Especialistas indicados conforme a Portaria n.º 3.259, de 29 de dezembro de 2020, do Ministério do Desenvolvimento Regional, a Secretaria Nacional de Habitação resolveu conceder ao produto da ITC – Casa Express o Documento de Avaliação Técnica Nº 043-A. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para os painéis de parede destinados à construção de unidades habitacionais multifamiliares de até 5 pavimentos (térreo + 4 pavimentos) e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.</i></p>	<p>DATEC Nº043-A</p>
<p>Limites da avaliação técnica dos painéis estruturais pré-moldados mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para a avaliação dos painéis de parede considerou-se como elementos inovadores os painéis estruturais pré-moldados mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas empregados nas paredes e suas interfaces como a ligação entre painéis de parede, entre painéis de parede e lajes e entre painéis de parede e fundação. O comprimento máximo dos painéis é de 7000 mm e a altura dos painéis é equivalente ao pé-direito de projeto limitando-se a 3000 mm. Não são permitidas modificações em paredes, tais como: aberturas de vãos e rasgos para instalações hidráulicas e elétricas; • Os componentes e elementos convencionais não estão contemplados nessa avaliação e devem atender às normas técnicas correspondentes. Considera-se apenas a interface desses com o produto avaliado; • A avaliação foi realizada considerando o emprego dos painéis de paredes em unidades habitacionais multifamiliares de até 5 pavimentos (térreo + 4 pavimentos), sendo as lajes de piso intermediárias concebidas conforme a normalização brasileira prescritiva e respeitadas as forças e cargas atuantes nos painéis consideradas na memória de cálculo; • A estanqueidade à água foi avaliada por meio de ensaios laboratoriais, análise de projetos e visitas às obras, considerando os painéis, as juntas entre painéis, as juntas entre painéis e lajes e as interfaces com esquadrias; • O desempenho térmico foi avaliado para as oito zonas bioclimáticas, constantes da ABNT NBR 15220-3:2005, considerando o procedimento simplificado conforme estabelecido na ABNT NBR 15575-4:2021 e os sistemas de cobertura descritos no item 4.3.1 deste documento; • O risco de condensação superficial foi avaliado conforme disposto no item 4.3.2 deste documento; • As avaliações de desempenho acústico foram realizadas em campo considerando a isolamento sonora das paredes de fachada, das paredes de geminação entre habitações e do sistema de piso. Os resultados obtidos demonstram atendimento à classe de Ruído II. 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 C30, para a classe de agressividade ambiental III, correspondente à atmosfera marinha. 		

1. Descrição do produto

O sistema construtivo é constituído por painéis de parede estruturais mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas. Os painéis possuem espessura de 140 mm, comprimento máximo de 7000 mm, sendo a altura equivalente ao pé direito de projeto. O sistema construtivo pode ser empregado em edifícios multifamiliares de até cinco pavimentos (térreo + 4 pavimentos).

A espessura total do painel é obtida por duas camadas de concreto estrutural, pelas peças cerâmicas, por uma camada de 5 mm de espessura de argamassa de revestimento aplicada na face do painel voltada para o interior da edificação.

A produção e moldagem dos painéis é realizada em unidade fabril localizada externa ou internamente ao canteiro de obras. A moldagem dos painéis ocorre conforme projeto específico, sobre pista de concreto. Os painéis são delimitados por perfis metálicos que conformam o perímetro e vãos das esquadrias. Os perfis metálicos são fixados por meio de parafusos e ganchos de travamento conforme projeto específico de cada painel. A face dos painéis em concreto (face de moldagem em contato com a pista) é voltada para o exterior da edificação quando da montagem dos mesmos em local definitivo.

Para a movimentação dos painéis na unidade de produção podem ser utilizados caminhão com guindaste, ponte rolante ou guincho motorizado. Para o transporte e a montagem dos painéis em obra utiliza-se caminhão do tipo *munck* e guias.

O projeto considerado na avaliação foi o de edifícios multifamiliares de cinco pavimentos (térreo + 4 pavimentos) com quatro apartamentos por pavimento (Figura 01). O apartamento tipo possui dois dormitórios (10,03 m² e 10,87 m²); 2 banheiros (suíte:2,97 m² e social:3,37 m²); sala de estar e jantar (12,49 m²); cozinha e área de serviço (6,36 m²) e espaço gourmet (7,30 m²), perfazendo um total de 56,17 m² de área útil.

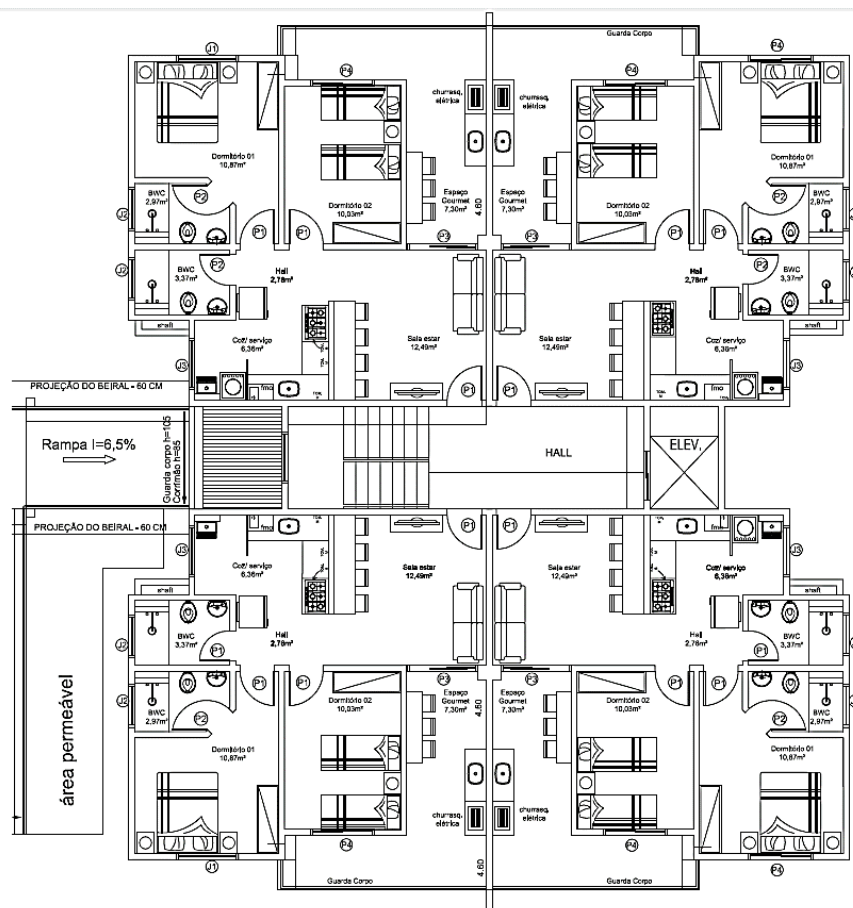


Figura 01 – Planta tipo do pavimento térreo (Edifício térreo + 4 pavimentos).

[Digite aqui]

A avaliação técnica não contemplou elementos e componentes convencionais como fundações, lajes de concreto, sistemas de cobertura, instalações elétricas e hidráulicas, esquadrias e revestimentos, exceto as interfaces entre elementos inovadores e convencionais, como a ligação entre parede-esquadria, parede-fundação, parede-instalações e parede-cobertura. Os elementos e componentes convencionais devem ser projetados e executados conforme as respectivas normas técnicas brasileiras.

1.1. Condições e limitações de uso

As paredes são estruturais e não podem ser removidas, mesmo que parcialmente. Qualquer modificação em paredes e lajes, tais como aberturas de vãos e rasgos para instalações hidráulicas e elétricas deve ser previa e formalmente acordada com a ITC. 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, preparado pela ITC. O uso dos painéis de paredes está limitado às classes de agressividade ambiental I, II e III (áreas rurais, urbanas e marinhas, respectivamente), e as cores das paredes de fachada, conforme avaliação de desempenho térmico para as oito zonas bioclimáticas apresentada no item 4.3.1 desse documento.

As lajes da edificação habitacional são convencionais, do tipo maciça ou pré-laje, concebidas em conformidade com a ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 9062, respectivamente. São adotadas sobrecargas máximas de 400 kg/m² e vão máximo na menor dimensão, inferior ou igual a 4000 mm.

No caso de lajes em balanço, estas deverão ter apoios laterais engastados na continuidade das lajes do edifício e as armações deverão estar de acordo com ABNT NBR 6118. A dimensão entre os apoios laterais não deverá ser superior a 4000 mm, porém, no caso em que supere tal valor, devem ser utilizados elementos estruturais (vigas e pilares) calculados convencionalmente a fim de equilibrar o sistema. A laje em balanço não deve ultrapassar o comprimento máximo de 1500 mm. As lajes devem constar em projeto estrutural específico, para cada empreendimento.

As escadas devem apresentar sistema de apoio independente dos painéis, de modo a não gerar esforços de tração. Usualmente, o sistema adotado é o bi-apoiado, onde a escada é engastada na laje ou na viga de transição (sistema convencional). No caso da utilização de escadas que necessitem engastamento nos painéis, a configuração destes deverá prever componentes com vigas embutidas ou pilares a fim de atender aos esforços solicitantes provenientes da fixação da escada. Tais componentes devem ser dimensionados convencionalmente à luz da ABNT NBR 6118.

Adicionalmente, as seguintes orientações devem ser consideradas:

- Altura máxima (pé direito) dos painéis de parede deve ser de 3000 mm;
- O sistema construtivo não considera paredes em curva;
- As lajes (convencionais) devem apresentar dimensão máxima de 4000 mm em seu menor sentido e sobrecarga máxima de utilização de 400 kg/m²;
- As paredes de perímetro da edificação devem ser engastadas nas lajes por meio de esperas metálicas integradas aos painéis;
- O sistema proposto considera solidarização por meio de pilares armados concebidos na junção entre painéis, concretados durante o processo de montagem da edificação. A armadura vertical dos pilares é engastada na fundação, traspassa pavimentos e se estende até a laje de cobertura da edificação, seguindo o projeto estrutural específico da edificação.

2. Diretriz para avaliação técnica

O IFBQ realizou a avaliação técnica de acordo com a Diretriz SiNAT N°002 – Rev.04 – Sistemas de paredes integrados por painéis pré-moldados de concreto ou mistos para emprego em edifícios habitacionais.

3. Informações e dados técnicos

3.1. Principais componentes e elementos

Abaixo estão apresentadas as especificações dos elementos que conformam os painéis estruturais pré-moldados mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas:

- a) **Concreto:** concreto com massa específica da ordem de 2400 kg/m^3 e resistência característica à compressão de 25 MPa (aos 28 dias), Classe C25, quando utilizado em regiões com classe de agressividade ambiental I e II (rural e urbana, respectivamente) e fator água cimento menor que 0,60. Nas regiões de agressividade ambiental III (marinha), utiliza-se concreto armado com resistência característica a compressão maior que 30 MPa (Classe C35) e fator água cimento menor ou igual a 0,55. A resistência mínima do concreto especificada para a desenforma (48 h após a concretagem) é de 10 MPa. A classe de consistência é S100 (abatimento - A, $100 \text{ mm} \leq A < 160 \text{ mm}$), conforme ABNT NBR 8953. Utiliza-se como agregados brita zero (pedrisco limpo - #4,75 mm a #9,5 mm) e areia média, isentos de torrões de argila e impurezas orgânicas, conforme ABNT NBR 7211.
- b) **Argamassa de acabamento (reboco):** argamassa de cimento e areia fina, no traço 1:4 (1 volume de cimento: 4 volumes de areia), em conformidade com ABNT NBR 16868-2.
- c) **Lajotas cerâmicas:** são vazadas e possuem dimensões de 200 mm de comprimento, 300 mm de largura e 80 mm de altura (Figura 02). As lajotas cerâmicas apresentam resistência à compressão, massa específica e absorção de água conforme ABNT NBR 15270-1.
- d) **Armaduras:** compostas por treliças metálicas do tipo TR 06634 (altura de 60 mm; banzo superior de 6mm; diagonal de 3,4 mm e banzo inferior de 4,2 mm).
- e) **Espaçadores:** em EPS ou plástico de 25 mm de altura, com cobrimento de 35 mm para o banzo inferior da treliça de aço inferior e com cobrimento de 40 mm para o banzo superior, atendendo ao cobrimento mínimo do aço pelo concreto, conforme especificado na ABNT NBR 6118.
- f) **Armadura diagonal de reforço para esquadrias:** fios de aço CA-50 e $\varnothing 8 \text{ mm}$ junto às laterais horizontais (vergas e contravergas) das esquadrias (Figura 03), conforme especificado no projeto de cada painel.

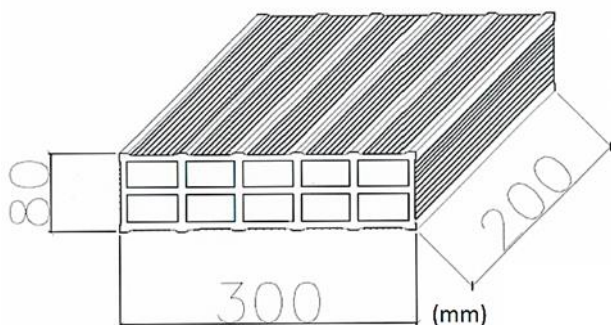


Figura 02 – Detalhe da lajota cerâmica.

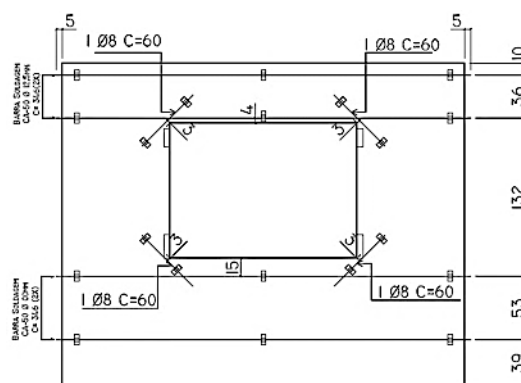


Figura 03 – Armadura diagonal de reforço.

- g) **Barras de soldagem:** barras de aço CA-50, sendo as barras superiores com $\varnothing 12,5 \text{ mm}$, as barras inferiores com $\varnothing 10 \text{ mm}$ e o espaçamento entre barras conforme especificado no projeto de produção de cada painel.
- h) **Alças para içamento:** alça composta por barras de aço ASTM A-36, $\varnothing 12,5 \text{ mm}$ e carregamento máximo de 3000 kg (duas alças por painel). As alças de içamento são posicionadas na metade da espessura do painel por meio de espaçadores de poliestireno expandido ou espaçadores plásticos circulares.
- i) **Calços de argamassa:** calços de argamassa com resistência característica à compressão de 10 MPa (Figura 04) em formato trapezoidal com dimensões de 60 mm x 60 mm para a área da base menor, 70 mm x 70mm para a área da base maior e 20 mm de altura. Devem ser utilizados, no mínimo, dois calços para cada painel, alocados nas duas extremidades.

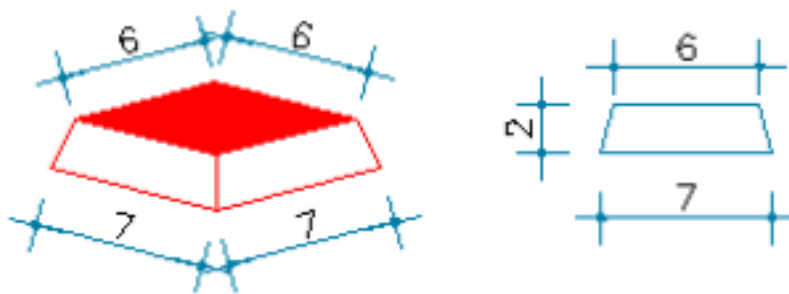


Figura 04 – Calços de argamassa utilizados no assentamento dos painéis.

3.2. Procedimento de execução

O processo de produção dos painéis de parede é industrializado, executado em unidade fabril (localizada externa ou internamente ao canteiro de obras), em linha de produção, armazenados e transportados ao local de montagem.

Todos os materiais recebidos e elementos (painéis de parede) produzidos em unidade fabril são identificados para permitir a rastreabilidade e posicionamento de montagem na obra. Ressalta-se que esses elementos são previamente inspecionados com base no atendimento aos projetos executivos e aos requisitos estabelecidos nos procedimentos do sistema de gestão da qualidade da ITC, para posterior liberação de montagem em obra.

3.2.1. Produção dos painéis de parede

Os painéis são produzidos em pista de concreto e a moldagem é realizada na posição horizontal. A sequência de atividades para a produção dos painéis pré-moldados com espessura de 140 mm é:

- a) **Preparação das fôrmas:** as fôrmas metálicas podem ser do tipo removível ou fixa. As dimensões, esquadro e posicionamento das aberturas das esquadrias são conferidos previamente à colocação das chapas metálicas auxiliares para içamento (Figura 05) e das cantoneiras metálicas para posicionamento das barras de soldagem (Figura 06). As cantoneiras são compostas por perfis metálicos do tipo L (3" x 3" x 1/4") e apresentam furos com $\varnothing 13,5$ mm destinados ao posicionamento das barras laterais de soldagem. Apresentam também a função de moldar rebaixos nas laterais verticais junto a face lisa dos painéis (face em contato com a pista de concreto).



Figura 05 – Chapas auxiliares para as alças de içamento.

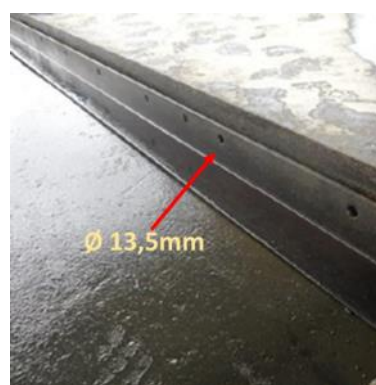


Figura 06 – Cantoneira metálica lateral com furos de $\varnothing 13,5$ mm.

- b) **Aplicação do desmoldante:** é aplicado em todos os elementos metálicos (fôrmas, galgas, chapas e cantoneiras) desmoldante de base vegetal com o auxílio de pulverizador manual (Figura 07). Na pista de concreto o mesmo desmoldante é aplicado com auxílio de rolo de espuma ou pulverizador (Figura 08).

[Digite aqui]



Figura 07 – Aplicação de desmoldante - pulverizador manual.



Figura 08 – Aplicação de desmoldante - rolo de espuma.

c) **Lançamento da primeira camada de concreto:** previamente ao lançamento da primeira camada de concreto, são posicionadas as galgas metálicas de seção quadrada com lados de 35 mm, utilizadas como referência de nivelamento da primeira camada de concreto. Em seguida realiza-se o lançamento e o nivelamento da primeira camada de concreto, após esse processo retira-se a galga metálica, preenche-se o vão deixado e realiza-se o adensamento do concreto com a utilização de régua vibratória e vibrador de agulha, sendo esse último destinado às bordas do painel e vãos de esquadrias (Figuras 09 a 16).



Figura 09 – Galga metálica (35 mm de lado).

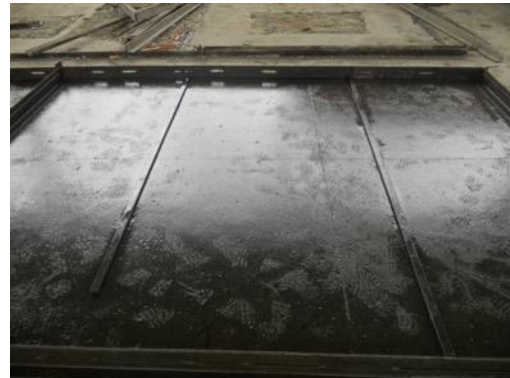


Figura 10 – Posicionamento das galgas metálicas na forma.



Figura 11 - Lançamento da primeira camada de concreto.



Figura 12 – Retirada da galga metálica.



Figura 13 – Vão após a retirada da galga metálica.



Figura 14 – Preenchimento do vão com concreto.



Figura 15 – Adensamento, com régua vibratória, da primeira camada de concreto.



Figura 16 – Primeira camada de concreto após adensamento.

d) Posicionamento das armaduras (pilaretes, vigas, treliças e barras de soldagem): após o adensamento da primeira camada de concreto são posicionadas as armaduras, alças de içamento, caixinhas e quadros elétricos, conforme especificado no projeto executivo de cada painel (Figuras 17 a 22). Após o posicionamento das treliças, efetua-se a instalação das barras intermediárias de soldagem, sendo duas barras superiores CA-50 ($\varnothing 12,5$ mm) e duas barras inferiores CA-50 ($\varnothing 10$ mm).



Figura 17 – Posicionamento das armaduras dos pilaretes.



Figura 18 – Posicionamento das armaduras das vigas superiores e inferiores (vergas e contra vergas).



Figura 19 – Amarração entre viga e pilar.



Figura 20 – Amarração do pilar na viga superior.



Figura 21 – Posicionamento das treliças.



Figura 22 – Alças de içamento.

[Digite aqui]

A verga e contraverga são conformadas em concreto armado conforme projeto específico.

Adicionalmente, o espaçamento entre treliças é de 400 mm (entre eixos), providenciando nervura entre lajotas cerâmicas (pilaretes) da ordem de 100 mm.

A largura mínima das bordas dos painéis é de 130 mm (pilaretes e vigotas), compostas por concreto armado com barras de aço e/ou treliças respeitando-se o cobrimento mínimo conforme ABNT NBR 6118.

e) Posicionamento das lajotas cerâmicas: Após a instalação das barras intermediárias de soldagem efetua-se o posicionamento das lajotas cerâmicas e dos eletrodutos. As lajotas cerâmicas são previamente molhadas e assentadas sobre a camada de concreto conforme o projeto de produção de cada painel (Figura 23). As instalações elétricas são posicionadas de acordo com o projeto de produção de cada painel (Figura 24).



Figura 23 – Posicionamento das lajotas cerâmicas.



Figura 24 – Posicionamento das instalações elétricas.

f) Lançamento da segunda camada de concreto: a segunda camada de concreto é aplicada preenchendo todos os vãos entre lajotas cerâmicas e o quadro externo do painel, (Figura 25). Em seguida é realizado o sarrafeamento para nivelamento da camada até o topo da fôrma (Figura 26) e o frisamento dos requadros do painel conforme especificado no projeto de produção (Figuras 27 e 28).



Figura 25 – Lançamento da segunda camada de concreto.



Figura 26 – Sarrafeamento da segunda camada de concreto.



Figura 27 – Utilização do frisador.



Figura 28 – Detalhe do frisamento.

[Digite aqui]

g) Instalações hidráulicas: Toda a instalação hidráulica é externa e concebida por meio de *shafts* (Figura 29), sancas, carenagens e roda-tetos (Figura 30).



Figura 29 – Ligação das tubulações hidráulicas – *shafts* e forro.



Figura 30 – Tubulação horizontal em PVC - dreno do ar condicionado (roda-teto).

h) Aplicação da argamassa de acabamento (reboco): após duas horas da execução do sarrafeamento é aplicada camada de argamassa (traço em volume 1:4) de acabamento com 5 mm de espessura, na face do painel que ficará voltada para o interior da edificação (Figuras 30 e 31). Posteriormente, a camada de argamassa é desempenada com auxílio de desempenadeira, brocha e feltro (Figuras 32 e 33).



Figura 30 – Aplicação da argamassa de acabamento.



Figura 31 – Sarrafeamento da argamassa de acabamento.



Figura 32 – Início do desempeno do painel.



Figura 33 – Fim do desempeno do painel e início do feltro.

A Figura 34 apresenta o corte ilustrativo do painel de parede com espessura de 140 mm.

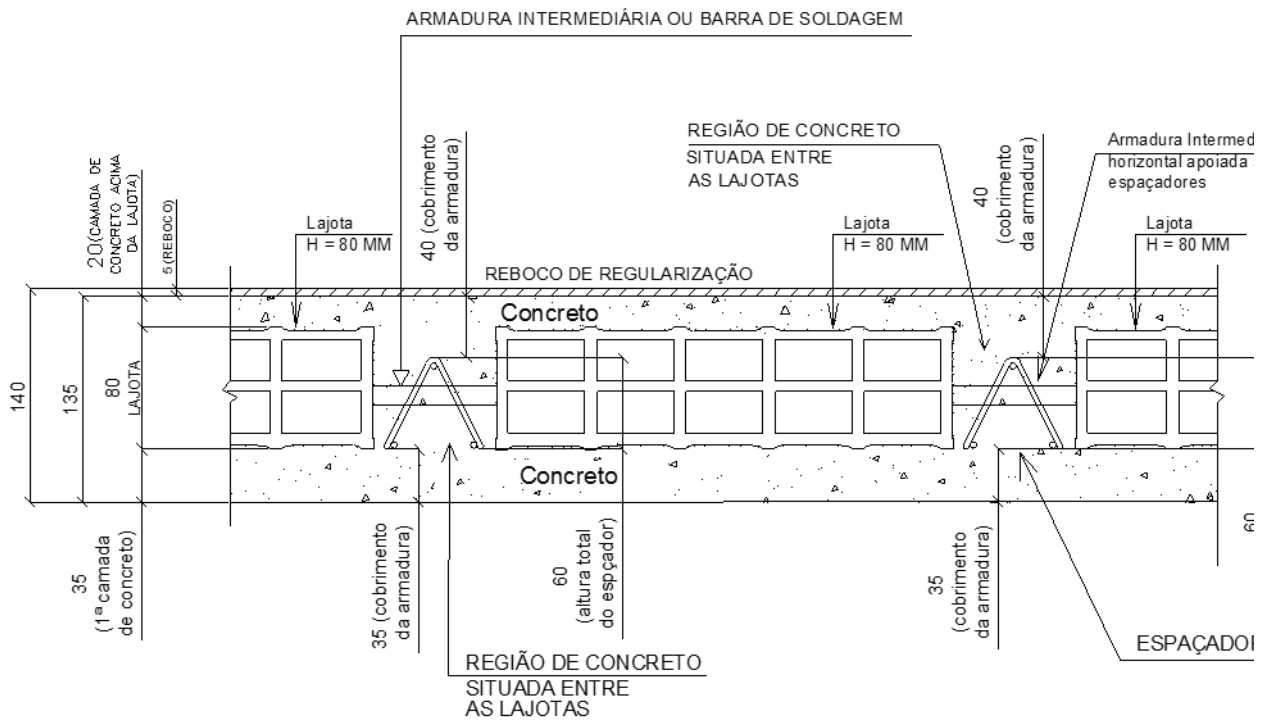


Figura 34 – Seção do painel com 140mm de espessura.

- i) **Processo de cura e desenforma:** o processo de cura dos painéis é realizado por meio da aplicação de água por aspersão manual (3 vezes ao dia), por um período de 24 horas ou cura por meio de cobertura com lona plástica. Em seguida é realizada a desenforma (Figura 35). Os painéis são identificados e vistoriados (Figura 36), e somente liberados para içamento quando a resistência mínima à compressão do concreto atender ao especificado de 10 MPa.



Figura 35 – Desmoldagem dos painéis.

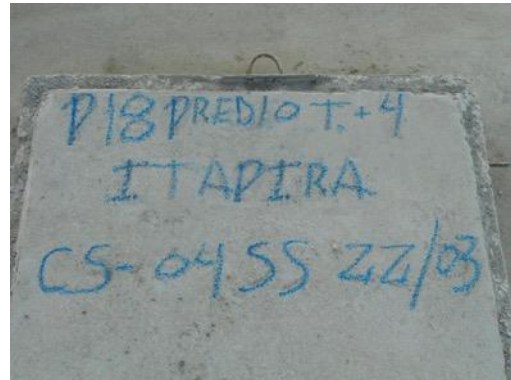


Figura 36 – Identificação do painel.

- j) **Içamento, estocagem e transporte:** o içamento é realizado por meio de ganchos do dispositivo de içamento (Figura 37) e o transporte pode ser realizado por meio de guincho, ponte rolante ou guindaste (Figura 38). Com o painel na posição vertical é realizada inspeção visual (Figura 39) e liberação mediante ficha de verificação de serviço. Os painéis podem ser transportados diretamente ao local definitivo ou estocados na posição vertical na quantidade máxima de 20 painéis (Figura 40).

[Digite aqui]



Figura 37 – Dispositivo de içamento e transporte.



Figura 38 – Içamento dos painéis.



Figura 39 – Inspeção do painel.



Figura 40 – Transporte e estocagem dos painéis na posição vertical.

3.2.2. Processo de montagem em obra

Os painéis pré-moldados, uma vez conferidos e recebidos em obra, são montados sobre fundações, de acordo com o projeto executivo específico. Os painéis devem ser sobrepostos a calços de argamassa e apoiados sobre a fundação. São travados por pilares, conformados pela união entre painéis de parede e engastados na fundação. A movimentação dos painéis é realizada por meio de caminhão tipo *munck*.

a) Posicionamento dos painéis sobre a fundação: O posicionamento dos painéis pré-moldados é previamente realizado sobre a fundação, sendo os mesmos posicionados sobre calços de argamassa com resistência característica à compressão de 10 MPa. São utilizados no mínimo dois calços alocados nas extremidades de cada painel (Figuras 41 e 42), tendo os respectivos nível e prumo realizados com auxílio de escoras metálicas reguláveis (Figura 43) e de dispositivos metálicos dispostos na parte superior dos respectivos encontros (Figura 44). Uma vez prumados e nivelados, procede-se à solda das barras de soldagem dispostas nas laterais dos painéis.



Figura 41 – Calço de argamassa.



Figura 42 – Assentamento do painel.

[Digite aqui]



Figura 43 – Escoramento metálico do painel.



Figura 44 – Dispositivos metálicos de fixação entre painéis.

- b) Posicionamento dos painéis sobre a laje:** na montagem dos painéis dos andares superiores, (a qual ocorre após concretagem dos pilares do pavimento imediatamente inferior), são utilizados canelões metálicos fixando os painéis perimetrais (Figura 45). Previamente à soldagem dos painéis, os mesmos permanecem presos por alças de içamento (Figura 46). A montagem dos demais painéis ocorre em conformidade com o procedimento descrito no item 3.2.2, alínea a.



Figura 45 – Uso de canelões para a fixação dos painéis perimetrais.



Figura 46 – Painéis presos pela alça de içamento.

- c) Ligações entre painéis de parede:** previamente a soldagem, é conferido o alinhamento, prumo e esquadro dos painéis (Figuras 47 a 50).



Figura 47 - Alinhamento do painel como auxílio de alavanca.



Figura 48 – Alinhamento do painel utilizando régua como conferência.



Figura 49 – Conferência do prumo do painel.



Figura 50 – Esquadros dos painéis.

A ligação entre painéis é realizada por meio de pilares. Os painéis possuem armaduras de ligação nas bordas laterais para possibilitar a ligação lateral entre os mesmos. A soldagem é realizada por meio de solda elétrica com o uso de barras soldáveis de aço CA-50 de diâmetro de 10 mm ou 12,5 mm, de acordo com as seguintes ligações:

- entre dois painéis em “L”: utiliza-se trechos de barras de aço, $\varnothing 10$ mm com comprimento de 90 mm (Figura 51);
- entre dois painéis em “T”: utiliza-se trechos de barra de aço, $\varnothing 10$ mm com comprimento variável, de 70 mm (Figura 52);
- entre três painéis: utiliza-se trechos de barras de aço, $\varnothing 10$ mm com comprimento 100 mm (Figura 53);
- entre quatro painéis: utilizam-se trechos de barras de aço, $\varnothing 10$ mm com comprimento de 100 mm (Figura 54).

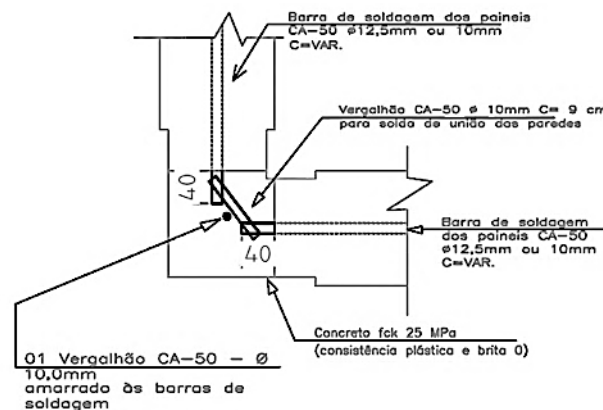


Figura 51 – Detalhe esquemático da ligação entre dois painéis.

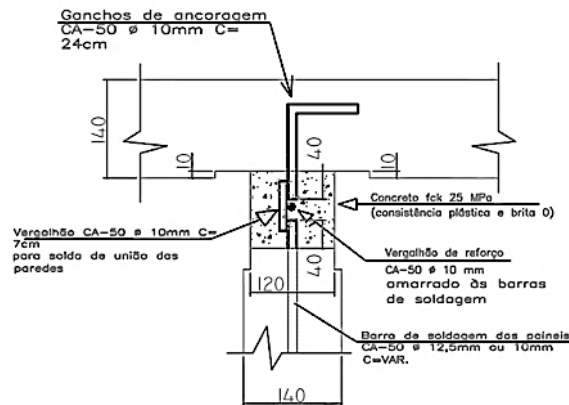


Figura 52 – Detalhe esquemático da ligação perpendicular entre painéis.

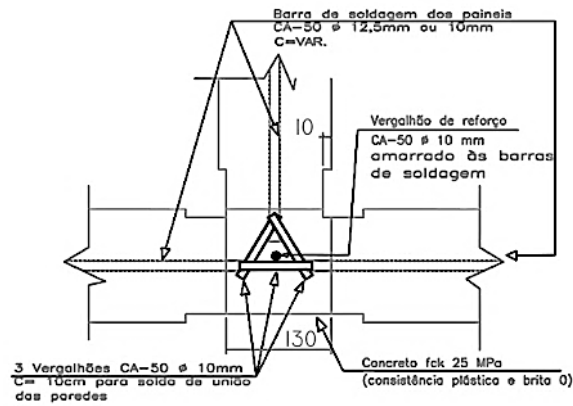


Figura 53 – Detalhe esquemático da ligação entre três painéis.

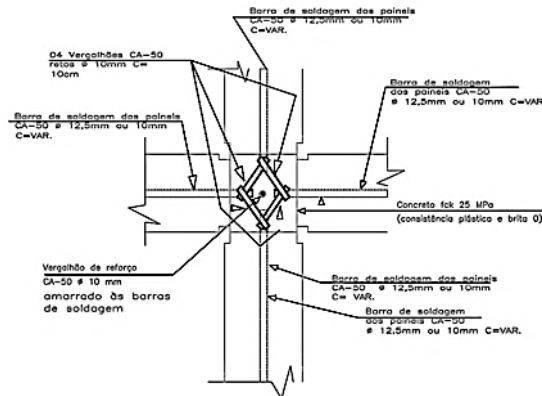


Figura 54 – Detalhe esquemático da ligação entre quatro painéis.

São realizados no mínimo quatro pontos de solda na altura dos painéis. No caso de painel de vão de porta, a soldagem é realizada em dois pontos, na região do topo do painel (bandeira). Em unidades habitacionais com mais de um pavimento, os pilares de encontro entre painéis recebem armação de traspasse composta de barra de aço CA-50 de Ø10 mm. O vão formado nas ligações entre painéis é preenchido com concreto (resistência característica à compressão aos 28 dias de 25 MPa quando destinados a regiões de classe de agressividade ambiental I e II e de 30 MPa para regiões de classe de agressividade ambiental III), com auxílio de fôrma específica (metálica ou em madeira) (Figuras 55 e 56).



Figura 55 – Forma metálica para concretagem da união entre painéis.



Figura 56 – Forma em madeira para concretagem da união entre painéis.

d) Conformação dos pilares entre painéis de parede: os pilares são armados e concebidos na junção entre painéis de parede, concretados durante o processo de montagem da edificação. As respectivas armaduras verticais são engastadas na fundação e traspassam todos os pavimentos até a laje de cobertura (Figura 57 e 58), solidarizando o sistema construtivo.

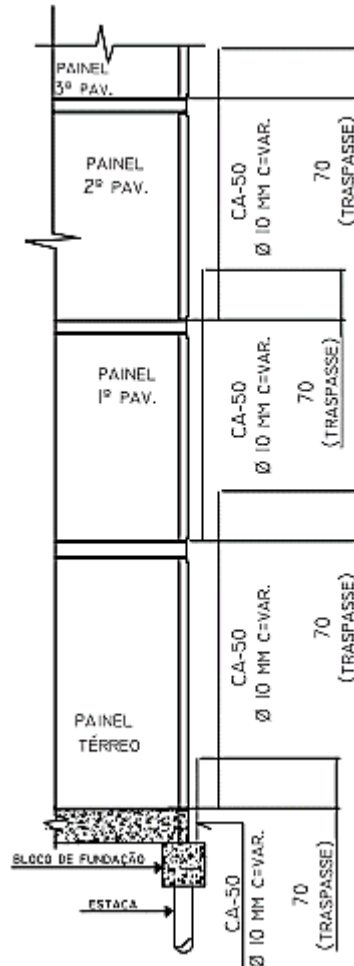


Figura 57 – Armadura dos pilares e respectivos traspasse.



Figura 58 – Conformação dos pilares armados.

e) **Ligações entre painéis de parede e lajes:** as lajes são convencionais e devem atender às normas pertinentes. Quando utilizadas pré-lajes, são apoiadas sobre calços de argamassa posicionados no topo dos painéis (Figura 59) e interligadas com auxílio dos arranques

[Digite aqui]

posicionados na parte superior dos painéis que conformam as fachadas (Figura 60), conforme projeto estrutural, providenciando monoliticidade ao conjunto.



Figura 59 – Calços de apoio das lajes.



Figura 60 – Arranques utilizados na fixação das lajes com os painéis..

- f) **Interface entre painéis:** Após a concretagem das colunas realiza-se o tratamento das juntas com o emprego de tela colante com fios de poliéster (gramatura de 39 g/m² espessura de 0,18 mm e cola com base PVC) fixada com argamassa industrializada tipo ACI (Figuras 61 e 62), em todos os encontros de painéis, tanto na face voltada para o interior como na voltada para o exterior. Após 48 horas da colocação das telas é aplicado reboco (constituído por areia fina e aditivos impermeabilizante (base de silicatos) e adesivo (copolímero de base vinílica)); e aplicação posterior de emulsão acrílica na região da junta (Figuras 63 e 64).



Figura 61 – Tela de poliéster sobre argamassa colante tipo ACI.



Figura 62 – Camada de argamassa ACI – fixação da tela de poliéster.



Figura 63 – Reboco sobre tratamento das juntas



Figura 64 – Emulsão acrílica na região de juntas entre painéis.

- g) **Interface entre painéis e fundação:** os painéis são posicionados sobre calços de argamassa (Figura 65) e o vão entre a base dos painéis e o elemento de fundação, previamente limpo, é preenchido com argamassa impermeabilizante com resistência característica à compressão de 10 MPa, composta por cimento, areia média e aditivos expansor (base carga mineral), impermeabilizante (base de silicatos) e adesivo (copolímero de base vinílica) (Figura 66).



Figura 65 – painel posicionado sobre calços de argamassa.



Figura 66 – Preenchimento do vão entre painel e fundação com argamassa.

h) Interface dos encontros de painéis sobrepostos: no caso de sobreposição entre painéis (ex.: caixa da escada e fosso de elevador), lança-se mão da utilização de sobreposição de painéis com juntas a seco. Tais juntas (encunhamento) são providas de argamassa de vedação com resistência característica à compressão de 10 MPa, composta de cimento, areia média, aditivos expensor (base carga mineral) e adesivo (copolímero de base vinílica), sendo posteriormente tratada por meio da aplicação de tela poliéster sobreposta às interfaces entre os painéis e a argamassa de encunhamento. Proceda-se à execução do arremate de reboco (constituído por cimento, areia fina e aditivos impermeabilizante (base de silicatos) e adesivo (copolímero de base vinílica). Após a execução do arremate, aplica-se pintura de emulsão acrílica na região da junta (Figuras 67 a 70).

Destaca-se que o número máximo de sobreposição para os painéis de parede é 5, sendo o comprimento máximo admitido de 4500 mm e altura máxima de 3000 mm, para tal finalidade. Quando da montagem de painéis sobrepostos, esses devem prover, junto às suas laterais, pilares de concreto armado concebidos em conformidade com a ABNT NBR 6118, de modo a providenciarem travamento e consolidação da estrutura. Na horizontal, ter-se-á apenas 1 painel paralelo ao outro, sempre delimitados por pilares (Figura 71 e 72).

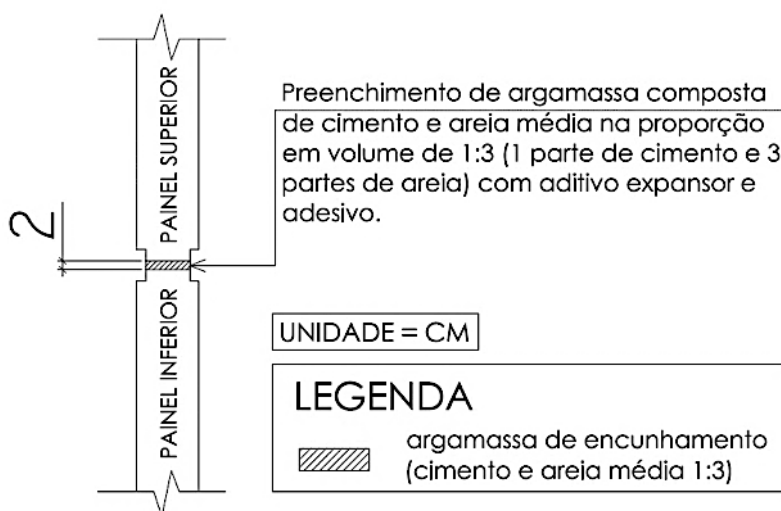


Figura 67 – Aplicação da argamassa de encunhamento entre painéis sobrepostos.

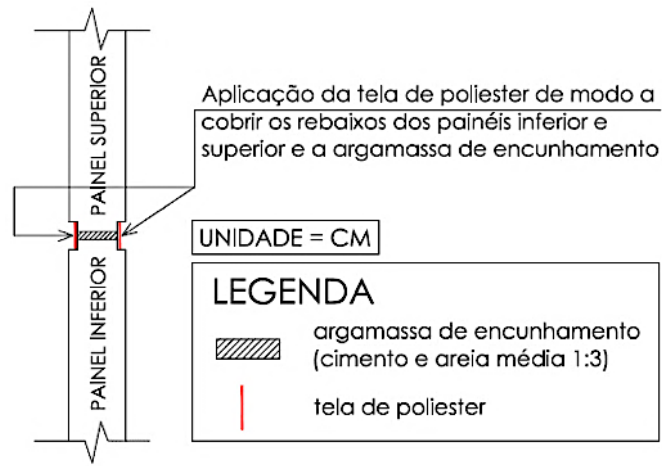


Figura 68 – Aplicação da tela de poliéster.

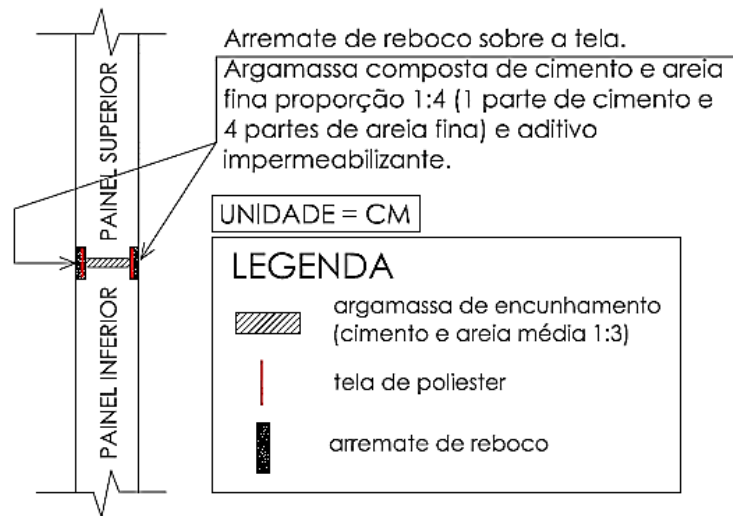


Figura 69 – Aplicação do reboco.

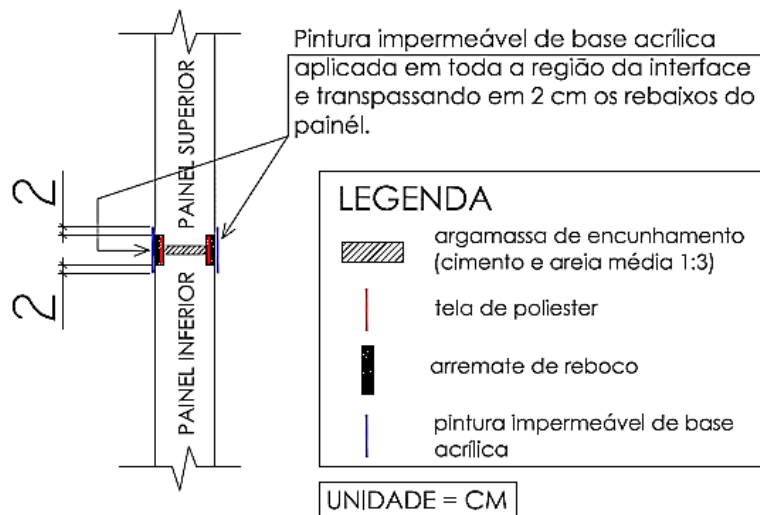


Figura 70 – Aplicação da emulsão acrílica.

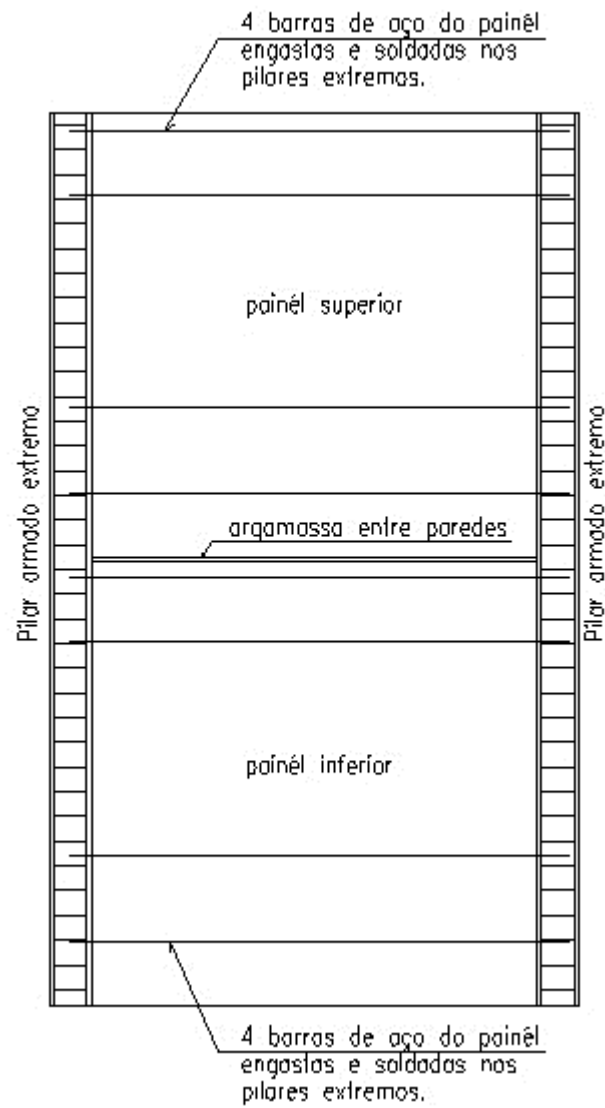


Figura 71 – Detalhes esquemático para painéis de parede sobrepostos.



Figura 72 – Painéis de paredes sobrepostos.

- i) **Interface entre painéis e lajes:** após o lançamento da pré-laje (sobre calços de argamassa com 20 mm de espessura) na parte superior dos painéis de parede, a interface entre os mesmos recebe aplicação de argamassa com resistência característica à compressão de 10 MPa. A argamassa é composta por cimento, areia, aditivo expander (de base mineral) e adesivo (copolímero de base vinílica) (Figuras 73 e 74).



Figura 73 – Argamassa de vedação entre fundação e parte inferior do painel de parede.



Figura 74 – Argamassa de vedação entre laje e parte superior do painel de parede.

O tratamento da junta entre painel e laje é realizado pela face externa, com aplicação de tela poliéster com 265mm de largura fixada com reboco (constituído por areia fina e aditivos impermeabilizante (base de silicatos) e adesivo (copolímero de base vinílica)).

A junta a ser tratada apresenta largura de aproximadamente 265 mm com profundidade de aproximadamente 200 mm. Finalizada a aplicação da argamassa, a região recebe pintura de emulsão acrílica (Figura 75).

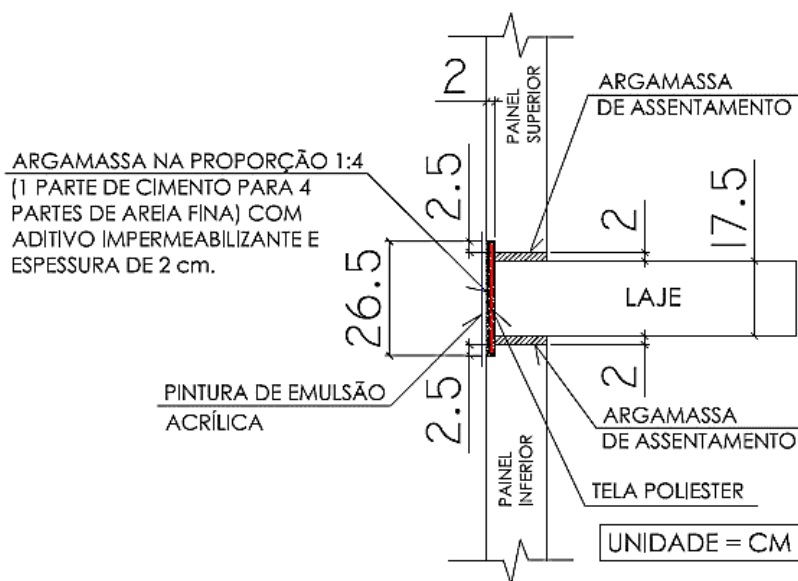


Figura 75 – Interface entre painéis e lajes.

- j) **Interface entre painéis de parede e instalações elétrica, hidrossanitárias e de gás:** eletrodutos e caixas de elétrica são posicionadas nos painéis durante o processo de produção, sendo as respectivas ligações executadas em obra (Figura 76). Adicionalmente, a interligação entre os eletrodutos embutidos nos painéis com os eletrodutos embutidos nas lajes é realizada por meio de luvas de emenda de encaixe em PVC, locadas no painel no ato de sua produção.

As instalações hidrossanitárias (água fria, esgoto e drenagem de ar-condicionado) são acondicionadas externamente aos painéis de parede, em *shafts*, carenagens e em roda-tetos (Figuras 77 a 79).

[Digite aqui]



Figura 76– Eletroduto e caixas de elétrica embutidas no painel.



Figura 77 – Shaft de alvenaria de blocos cerâmicos.



Figura 78 – Dreno de água de ar condicionado (roda-teto).



Figura 79 – Carenagem plástica (ramais de água fria e de esgoto, externos aos painéis).

As instalações de gás (GLP) são externas à edificação, sendo os ramais internos projetados e executados em conformidade com a ABNT NBR 15526. Quando da utilização de central de GLP, segue-se a ABNT NBR 13523.

- k) Interface entre painéis de parede e esquadrias:** o vão destinado ao recebimento da esquadria (em alumínio) deve apresentar-se isento de imperfeições, sendo sua parte inferior com inclinação de 1% voltada para o exterior da edificação. A folga entre o vão e as laterais da esquadria deve ser de, no máximo, 2 mm (para cada lado) e de 3 mm junto à parte superior. A fixação das esquadrias e peitoris metálicos é viabilizada por meio de buchas plásticas e parafusos metálicos, sendo as interfaces preenchidas com selante de base acrílica. As pingadeiras são concebidas em pedra ou alumínio, sendo as de alumínio intrínsecas à esquadria utilizada.

A face externa dos painéis, junto às interfaces com as esquadrias, recebe pintura com emulsão acrílica de modo a conformar uma faixa com largura de 20 mm, em todo perímetro (Figura 78).

- l) Revestimento e acabamento dos painéis de parede:** A face externa do painel recebe selador acrílico e textura acrílica ou pintura de base acrílica. Na parte inferior da fachada das edificações é aplicada emulsão acrílica conformando um barrado de 800 mm de altura (Figura 80). A face interna do painel (face que recebe acabamento em argamassa no processo de moldagem) em áreas secas recebe pintura PVA ou acrílica. As paredes das áreas molhadas e molháveis recebem revestimento cerâmico.



Figura 80 – Barrado de emulsão acrílica aplicado na face externa dos painéis.

- m) Revestimentos de piso e interface com os painéis de parede:** o sistema de piso consiste em revestimento cerâmico com 6 mm de espessura, aplicado sobre camada de argamassa (contra-piso) com 40 mm e rodapés cerâmicos. Nos ambientes de áreas molhadas e molháveis é aplicado impermeabilizante de base cimentícia no piso e nas paredes, de modo a conformar um barrado de 300 mm de altura (Figura 81), previamente ao assentamento do revestimento cerâmico (Figura 82).



Figura 81 – Impermeabilização de áreas molhadas.



Figura 82 – Revestimento cerâmico - piso.

Ressalta-se a existência de desnível de 15 mm do piso acabado do box para o piso acabado do banheiro. Quando não existente, utiliza-se “ressaltos” concebidos em pedra com 15 mm de altura delimitando a área do box.

- n) Sistema de cobertura:** composto por laje de concreto convencional (massa específica de 2400 kg/m³), com seção maciça e espessura de 120 mm, e telhado em telhas de fibrocimento (com espessura de 6 mm).

4. Avaliação técnica

A avaliação técnica foi conduzida conforme a Diretriz SiNAT N°002 – Rev.04 – Sistemas construtivos integrados por painéis pré-moldados para emprego como paredes de edifícios habitacionais, a partir da análise de projetos, ensaios laboratoriais e em campo, 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

A análise do desempenho estrutural do painel de parede pré-moldado considerou o projeto estrutural, os resultados dos ensaios de resistência da parede aos esforços de compressão excêntrica, de impactos de corpo mole, de impactos de corpo duro, de solicitação de peças suspensas e de solicitações transmitidas por portas.

Foram realizados ensaios laboratoriais para avaliar a resistência aos esforços verticais, considerando o estado-limite último e o estado-limite de serviço, conforme a Diretriz SiNAT N°002 – REV.04. Nas Tabelas 01 e 02 apresentam-se a síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica realizados em laboratório. O ensaio foi realizado em três painéis de parede pré-moldados cegos, com dimensões de 1400 mm de comprimento, 2690 mm de altura e espessura

[Digite aqui]

de 140 mm e em dois painéis com dimensões de 3000 mm de comprimento, 2690 mm de altura e espessura de 140 mm com abertura de vão de janela de 1520 mm de largura e 1020 mm de altura.

Tabela 01 – Síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica para os três painéis cegos de 1400 mm de comprimento e 2690 mm de altura.

Corpo de prova ensaiado	Carga máxima aplicada		Observações
	Carga total(kN) ⁽¹⁾	Carga distribuída (kN/m) ⁽²⁾	
CP 1	1400,00	1000,00	Não foram observadas fissuras ou outros danos
CP 2	1400,00	1000,00	Não foram observadas fissuras ou outros danos
CP 3	1400,00	1000,00	Não foram observadas fissuras ou outros danos

(1) Carga máxima aplicada no ensaio;

(2) Carga total dividida pelo comprimento do painel (1400 mm).

Tabela 02 – Síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica para os dois painéis de 3000 mm de comprimento com abertura de vão de janela.

Corpo de prova ensaiado	Surgimento da 1ª fissura		Carga de ruptura	
	Carga total (kN)	Carga distribuída (kN/m) ⁽¹⁾	Carga total (kN) ⁽³⁾	Carga distribuída (kN/m) ⁽¹⁾
CP 1	400,0	133,3	1500,0	500,0
CP 2	400,0	133,3	1500,0	500,0
Média ⁽²⁾	400,0	133,3	1500,0	500,0

(1) Carga total dividida pelo comprimento nominal do painel (3000 mm).

(2) A média é apresentada apenas como referência.

(3) Carga máxima possível de ser aplicada no pórtico de reação (1500,0 kN).

Utilizando-se dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica e a carga máxima do projeto ($P_{m\acute{a}x}$) de edifício habitacional de cinco pavimentos (térreo + 4 pavimentos), considerando parede cega e parede com janela, tem-se:

- Parede cega: $P_{m\acute{a}x,cega} = 67,23$ kN/m referente ao Painel de Parede 3;

- Parede com janela: $P_{m\acute{a}x,jan} = 44,40$ kN/m referente ao Painel de Parede 1.

O dimensionamento e cálculos adotados seguem o modelo completo de avaliação do ELS e do ELU, onde a resistência máxima (ELU) admitida nos painéis será a resistência de aparecimento das primeiras fissuras denominada (R_u) obtida no ensaio de compressão excêntrica, minorada por um coeficiente de $\gamma_m = 1,4$ e $\xi = 1,5$ (adotado ξ de 1,5 por se tratar de painel misto). A tensão dos painéis (S_d) não deve ultrapassar o valor R_s ($R_s = R_u / \gamma_m * \xi$), sendo esse valor adotado como ELS. Na memória de cálculo, outras análises foram realizadas para consolidar o dimensionamento estrutural, tais como a avaliação do colapso progressivo sobre uma ação excepcional, além dos ensaios de corpo mole e de corpo duro previstos na ABNT NBR 15575-2.

Utilizando-se dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica apresentados nas Tabelas 01 e 02 e a carga máxima do projeto ($P_{m\acute{a}x}$), tem-se:

- Parede cega: $P_{m\acute{a}x,cega} = S_{d\ m\acute{a}x,cega} = 67,23$ kN/m referente ao Painel de Parede 3;

$R_{u,cega} = 1000$ kN/m (Tabela 01)

$R_{s,cega} = 476,20$ kN/m ($R_{s,cega} = 1000 / 1,4 * 1,5$) (carga calculada para o estado-limite de serviço - ELS)

- Parede com janela: $P_{m\acute{a}x,jan} = S_{d\ m\acute{a}x,jan} = 44,40$ kN/m referente ao Painel de Parede 1.

$R_{u,jan} = 133,3$ kN/m (Tabela 02)

[Digite aqui]

$R_{s,jan} = 63,47 \text{ kN/m}$ ($R_{s,jan} = 133,3/1,4*1,5$).

Portanto, temos que $P_{m\acute{a}x,cega} < R_{s,cega}$, $P_{m\acute{a}x,jan} < R_{s,jan}$, ou seja, os painéis de parede estruturais atendem à solicitação de cargas verticais no estado limite último e no estado limite de serviço.

Foram realizados ensaios para verificação da resistência a impactos de corpo mole nas paredes externas e internas da edificação.

Os resultados do ensaio de impacto de corpo mole realizado na face externa do painel de parede (de fora para dentro) indicam que o corpo de prova não apresentou falhas (fissuras, mossas e frestas) e/ou rupturas nos componentes da parede para as energias de 120 J a 960 J, bem como ausência de deslocamentos horizontal e horizontal residual.

Os resultados do ensaio de impacto de corpo mole realizado na face interna do painel de parede (de dentro para fora), indicam que o corpo de prova não apresentou falhas (fissuras, mossas e frestas) e/ou rupturas nos componentes da parede para as energias de 120 J a 480 J, bem como ausência de deslocamentos horizontal e horizontal residual. Os resultados demonstram atendimento ao critério estabelecido na Diretriz SINAT N°002 – REV.04.

Foram realizados ensaios de impacto de corpo duro em campo em edificações unifamiliares térreas, com impactos internos e externos nas duas faces do painel. Considerando a concepção dos painéis destinados a edificações habitacionais de até 5 pavimentos, consideram-se atendidos os critérios da Diretriz SINAT 002 Rev. 04, quanto à resistência a impactos de corpo duro.

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.04.

O ensaio de solicitações transmitidas por peças suspensas considerou o dispositivo padrão com duas mãos francesas, 24 h de ensaio e carga limite de 80 kgf. O tipo de fixação empregada no ensaio foi a bucha plástica U10, parafuso ST (6,3 mm x 78 mm), cabeça sextavada. Os resultados obtidos nos ensaios demonstraram atendimento aos critérios mínimos da Diretriz SINAT N°002 – Rev.04.

4.2. Estanqueidade à água

Foram realizados ensaios de estanqueidade à água de chuva das fachadas, considerando a junta entre painéis, no caso de casas térreas, conforme o DATec 023 – C. Como o procedimento de fixação das esquadrias permanece o mesmo, os resultados de ensaio podem ser considerados para essa avaliação.

O ensaio consistiu em submeter, durante um período de 7 h, a face externa do corpo de prova a uma vazão de água de 3 L/min/m², criando uma película homogênea e contínua, com a aplicação simultânea de uma pressão pneumática de 50 Pa sobre essa mesma face. Foram ensaiados dois corpos de prova, sendo um painel com janela instalada e outros com dois painéis cegos conformando uma junta.

A execução dos ensaios e os equipamentos utilizados atenderam às prescrições da ABNT NBR 15575-4. Os resultados obtidos, tanto no painel com janela, quanto nos painéis com junta demonstram que foram atendidos os requisitos de desempenho prescritos pela ABNT NBR 15575-4 – Edificações habitacionais – Desempenho = Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE – Anexo C – Verificação, em laboratório, da estanqueidade à água de SVVE – Método de ensaio.

Foram também realizadas análises de projeto para avaliar os aspectos que influenciam a estanqueidade à água dos painéis de parede 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, bem como dos

[Digite aqui]

revestimentos e acabamentos utilizados. A face externa dos painéis recebe selador acrílico e textura acrílica ou pintura de base acrílica. E a face interna dos painéis recebe pintura PVA ou acrílica e revestimento cerâmico. Adicionalmente, é prevista calçada perimetral com largura mínima de 500 mm. Quando da existência de beiral, esse deve apresentar largura de pelo menos 100 mm além da projeção do mesmo.

Quanto à estanqueidade da interface entre painéis de parede e de pisos internos e externos, verificou-se diferença de cota entre o piso acabado interno e o externo (150 mm) e entre o piso acabado do banheiro e o do box (15 mm). Em todos os ambientes de áreas molháveis (cozinha, lavabo, sacada coberta) e molhadas (banheiro e área de serviço) são especificados revestimentos cerâmicos.

Com relação à impermeabilização na interface dos painéis de parede e fundação, verificou-se que os painéis são apoiados sobre calços de argamassa e que o vão entre a parte inferior do painel e o elemento de fundação é preenchido com argamassa de cimento e areia (traço em volume de 1:3) com aditivo impermeabilizante. As bases das paredes externas recebem pintura com emulsão acrílica, conformando um barrado de 800 mm. Também são aplicadas faixas de emulsão acrílica na interface entre os painéis de parede, nos perímetros externos das esquadrias e entre a união das lajes com os painéis de fachada.

Conclui-se que, os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais e as análises realizadas nos projetos indicam atendimento ao requisito especificado na Diretriz SiNAT N°002 – REV.04.

4.3. Desempenho higrotérmico

4.3.1. Desempenho térmico

A verificação do desempenho térmico foi realizada conforme o procedimento simplificado da ABNT NBR 15575-1 – Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Os requisitos e critérios aplicados ao sistema de vedação vertical externa (SVVE) são descritos na ABNT NBR 15575-4 e ao sistema de cobertura na ABNT NBR 15574-5.

O procedimento simplificado avaliou o desempenho térmico dos painéis de vedação vertical externos isentos de aberturas (cegos), por meio da definição de suas propriedades térmicas (transmitância térmica e capacidade térmica).

A avaliação do sistema de cobertura considerou laje de concreto armado (120 mm de espessura) e telha de fibrocimento (6 mm de espessura). Os sistemas e respectivas características estão apresentados na Tabela 03. Os cálculos para determinar a transmitância térmica e a capacidade térmica levaram em consideração as seções do painel de vedação, conforme representado na Figura 83.

Tabela 03 - Propriedades térmicas dos materiais (continua)

Elementos construtivos	Material	Espessura (m)	Propriedades térmicas			
			Condutividade térmica λ (W/m.K)	Densidade de massa aparente ρ (kg/m ³)	Calor específico c (kJ/kg.K)	Resistência térmica (m ² K/W)
Parede externa	Textura acrílica	0,003	0,20	1050	1,5	-
	Selador acrílico	0,001	0,20	1050	1,5	-
	Concreto	0,035	1,74	2400	1,0	-
	Lajota cerâmica	0,08	0,90	1500	0,92	-
	Ar entre os septos	-	-	-	-	0,16
	Concreto	0,02	1,74	2400	1,0	-
	Reboco	0,005	0,80	1600	1,0	-
	Selador acrílico*	0,001	0,20	1050	1,5	-
	Tinta látex acrílica*	0,0015	0,20	1050	1,5	-
	Argamassa**	0,005	1,15	1800	1,0	-

[Digite aqui]

	Revestimento cerâmico**	0,007	0,7	1200	0,92	-
--	-------------------------	-------	-----	------	------	---

Tabela 03 - Propriedades térmicas dos materiais (continuação)

Elementos construtivos	Material	Espessura (m)	Propriedades térmicas			
			Condutividade térmica λ (W/m.K)	Densidade de massa aparente ρ (kg/m ³)	Calor específico c (kJ/kg.K)	Resistência térmica (m ² K/W)
Parede interna	Revestimento cerâmico**	0,007	0,70	1200	0,92	-
	Argamassa**	0,005	1,15	1800	1,0	-
	Tinta látex acrílica*	0,0015	0,20	1050	1,5	-
	Selador acrílico*	0,001	0,20	1050	1,5	-
	Concreto	0,035	1,74	2400	1,0	-
	Lajota cerâmica	0,08	0,90	1500	0,92	-
	Ar entre os septos	-	-	-	-	0,16
	Concreto	0,02	1,74	2400	1,0	-
	Reboco	0,005	0,80	1600	1,0	-
	Selador acrílico*	0,001	0,20	1050	1,5	-
	Tinta látex acrílica*	0,0015	0,20	1050	1,5	-
	Argamassa**	0,005	1,15	1800	1,0	-
	Revestimento cerâmico**	0,007	0,70	1200	0,92	-
	Cobertura	Telha de fibrocimento	0,006	0,95	1900	0,84
Câmara de ar – fluxo descendente		>0,30	-	-	-	0,21
Câmara de ar – fluxo ascendente		>0,30	-	-	-	0,15
Laje em concreto		0,12	2,0	2400	1,0	-

*Somente para ambientes de áreas secas;

**Somente para ambientes de áreas molhadas e molháveis.

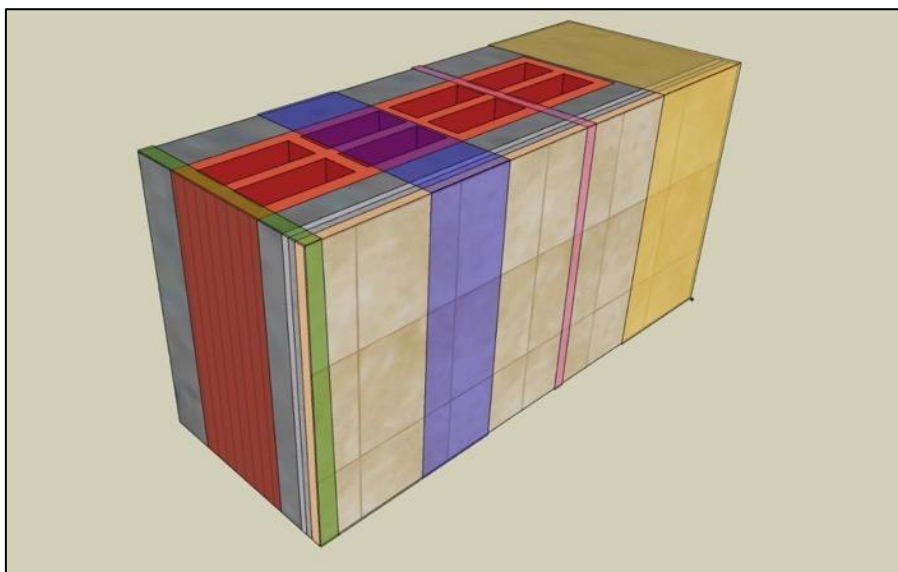


Figura 83 – Corte esquemático do painel indicando as seções utilizadas nos cálculos.

[Digite aqui]

- Seção 01 (cor verde): parede da lajota cerâmica (textura acrílica + selador acrílico + concreto + lajota cerâmica + concreto + reboco + selador acrílico* + tinta látex acrílica* + argamassa** + revestimento cerâmico**);
- Seção 02 (cor azul): câmara de ar da lajota cerâmica (textura acrílica + selador acrílico + concreto + lajota cerâmica + ar entre os septos + lajota cerâmica + ar entre os septos + lajota cerâmica + concreto + reboco + selador acrílico* + tinta látex acrílica* + argamassa** + revestimento cerâmico**);
- Seção 03 (cor rosa): septo interno da lajota cerâmica (textura acrílica + selador acrílico + concreto + lajota cerâmica + concreto + reboco + selador acrílico* + tinta látex acrílica* + argamassa** + revestimento cerâmico**);
- Seção 04 (cor amarelo): concreto entre as lajotas cerâmicas (textura acrílica + selador acrílico + concreto + reboco + selador acrílico* + tinta látex acrílica* + argamassa** + revestimento cerâmico**).

Nota: * Somente para ambientes de áreas secas;

**Somente para ambientes de áreas molhadas e molháveis.

Na Tabela 04 são apresentados os resultados de transmitância térmica para as paredes externas e para o sistema de cobertura.

Tabela 04 – Valores de transmitância térmica.

Sistema construtivo	Seção	Resist. térmica (Rc;op) m²K/W	Resist. superficial m²K/W	Limite superior da resist. térmica total (Rtot;upper) m²K/W	Limite inferior da resist. térmica total (Rtot;lower) m²K/W	Resist. térmica total (Rtot) m²K/W	Estimativa de erro %	Transmit. térmica (U) W/m²K
Parede externa	01	0,1592	0,17	0,4353	0,3028	0,3691	2,44	2,7
	02	0,4226						
	03	0,1592						
Áreas secas	04	0,1163						
Parede externa	01	0,1611	0,17	0,4374	0,3124	0,3749	2,34	2,7
	02	0,4244						
	03	0,1611						
Áreas molhadas	04	0,1182						
Sistema de cobertura	Cobertura – fluxo descendente	0,2763	0,21	-	-	0,4863	-	2,1
	Cobertura – fluxo ascendente	0,2163	0,14	-	-	0,3563	-	2,8

Na Tabela 05 são apresentados os resultados da capacidade térmica para as paredes externas.

Tabela 05 - Valores de capacidade térmica

Sistema construtivo	Seção	Capacidade térmica (C) kJ/m²·K	Capacidade térmica da parede (CTpar) kJ/m²·K
Paredes externas	01	261	233
	02	191	
	03	261	
	04	344	
Paredes externas	01	274	236
	02	204	
	03	274	
	04	357	

[Digite aqui]

De acordo com os resultados obtidos, as paredes externas apresentaram resultados satisfatórios para os parâmetros de transmitância térmica (U_{par}) considerando a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede (α_{par}) igual ou inferior a 0,6 e superior a 0,6 para as zonas bioclimáticas 1 e 2. Para o potencial atendimento nas zonas bioclimáticas 3 a 8 deve-se considerar a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede (α_{par}) igual ou inferior a 0,6.

Os resultados apresentados de capacidade térmica para as paredes externas (CT_{par}) denotam atendimento ao critério estabelecido.

Os valores dos resultados de transmitância térmica para o sistema de cobertura indicam potencial de atendimento ao estabelecido na norma ABNT NBR 15.575-1 desde que considerado o fluxo de calor descendente e a absorvância à radiação solar para cada zona bioclimática. O potencial de atendimento é integral para as zonas bioclimáticas 1 e 2. Para as zonas bioclimáticas 3 a 6 deve-se considerar a absorvância à radiação solar inferior ou igual a 0,6 e para as zonas bioclimáticas 7 e 8 deve-se considerar a absorvância à radiação solar inferior ou igual a 0,4.

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.002 Rev. 04. Os resultados obtidos demonstram atendimento ao estabelecido na Diretriz N.002 Rev. 04, 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 140 mm de espessura com revestimento de argamassa de 20 mm de espessura em ambas as faces.

4.4. Desempenho acústico

Para avaliação do desempenho acústico do sistema construtivo “Painéis estruturais pré-moldados mistos de concreto armado e peças cerâmicas” foram realizados os ensaios de campo de isolamento sonora de fachada (painel de parede de 140 mm de espessura), de isolamento ao ruído aéreo de um elemento de vedação vertical entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), de isolamento de ruído aéreo e de ruído de impacto do sistema de piso entre unidades habitacionais em um protótipo de edifício de térreo + 4 pavimentos, localizado em Itapira/SP.

Descrição e características dos ambientes ensaiados:

- Fachada (ambiente de dormitório 01/apto 004): painel de parede com 140 mm de espessura; janela (1 500 mm x 1 000 mm) do tipo de correr com duas folhas metálicas (sendo uma veneziana) e uma folha de vidro móvel e porta de madeira (800 mm x 2 100 mm);
- Parede de geminação: painel de parede com 140 mm de espessura – elemento de separação do ambiente “sala de estar” do apartamento 004 e o ambiente “sala de estar” do apartamento 003;
- Sistema de piso (ambiente de dormitório): laje maciça de concreto armado com 120 mm de espessura + 40 mm de regularização de piso; janela (1 500 mm x 1 000 mm) do tipo de correr com duas folhas metálicas (sendo uma veneziana) e uma folha de vidro móvel e porta de madeira (800 mm x 2 100 mm).

A Tabela 06 apresenta a síntese dos resultados obtidos nos ensaios de campo.

Tabela 06 – Síntese dos resultados obtidos em ensaio de campo (dB)

Elemento	Critério de desempenho para ensaios de campo (ABNT NBR 15575) (dB)	Valor determinado em ensaio de campo (dB)
Parede de fachada (ambiente de dormitório) ($D_{2m,nT,w}$)	≥ 25	26 *
Parede entre unidades autônomas (parede de geminação), onde não haja ambiente dormitório ($D_{2m,nT,w}$)	≥ 40	52
Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas (ambiente de dormitório) ($D_{nT,w}$)	≥ 45	52
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos ($L'_{nT,w}$)	≤ 80	68

(*) Atende às classes de ruído I, e II, conforme ABNT NBR 15575-4:2013.

Os ensaios de campo realizados no edifício Colibris localizado em Itapira/SP, demonstram que, do ponto de vista do desempenho acústico, o sistema construtivo de painéis pré-moldados mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas atende aos requisitos da ABNT NBR 15575-4. O sistema de piso (laje de concreto) é convencional e não é objeto de avaliação deste RTA. Ressalta-se que os valores obtidos se referem exclusivamente à unidade avaliada nas condições descritas no relatório de ensaio.

4.5. Durabilidade e Manutenibilidade

Para a durabilidade dos painéis estruturais pré-moldados mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas 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 característica à compressão, a relação água-cimento e o consumo mínimo de cimento. Os painéis de parede enquadram-se na classe de concreto C25 para as classes de agressividade ambiental I e II ($f_{ck} \geq 25$ MPa, relação água/cimento $\leq 0,60$ e consumo mínimo de cimento de 280 kg/m³). Para a classe III de agressividade ambiental, utiliza-se concreto de classe C30 ($f_{ck} \geq 30$ MPa, relação água/cimento $\leq 0,55$ e consumo mínimo de cimento de 320 kg/m³).

Quanto ao cobrimento das armaduras, tem-se que o banzo inferior das treliças metálicas é protegido por uma camada de concreto com espessura de 35 mm (face do painel em contato com a pista de concretagem) e o banzo superior da treliça por uma camada de concreto com espessura de 40 mm (face superior do painel) (Figura 34), atendendo o cobrimento mínimo do aço pelo concreto, conforme especificado na norma ABNT NBR 6118.

Adicionalmente, no Manual de Uso, Operação e Manutenção, são previstas manutenções periódicas da unidade habitacional pelo usuário, particularmente quanto à pintura das paredes.

Do ponto de vista da durabilidade da estrutura, quanto a proteção à corrosão das armaduras, conclui-se que o sistema construtivo atende as exigências previstas para as regiões rurais, urbanas e marinhas, ou seja, Classes I, II e III de agressividade ambiental.

Os painéis de parede de fachada, incluindo seus tratamentos de juntas e revestimentos, 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 $h/300$ (9 mm). Foram também realizados ensaios de aderência do revestimento (concreto C25 – face voltada para o exterior da edificação e argamassa – face voltada para o interior da edificação) antes e depois dos ensaios de estanqueidade/choque térmico/estanqueidade, acusando resultados satisfatórios conforme ABNT NBR 13528.

[Digite aqui]

Os resultados do ensaio de choque térmico foram obtidos de painéis destinados a paredes de edificações térreas, porém essa avaliação técnica leva em consideração painéis destinados ao uso em edificações de até 5 pavimentos (térreo + 4 pavimentos), portanto, deve ser observado o comportamento de todas as juntas em escala real.

A manutenibilidade do sistema construtivo que compõe 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, 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 ABNT NBR 14037 – 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.

4.6. Segurança ao fogo

Os painéis pré-moldados mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas são compostos por materiais incombustíveis, não se caracterizando como propagadores de incêndio. Também apresentam características adequadas em termos de desenvolvimento de fumaça, não agravando o risco de incêndio.

Foi realizado ensaio laboratorial de resistência ao fogo em parede com 115 mm de espessura do sistema construtivo, conforme apresentado no Relatório de Ensaio N°1 056 874-203, com aplicação de carga de serviço de 220,0 kN/m. Os resultados obtidos demonstram que a parede com função estrutural apresentou resistência ao fogo, no grau corta-fogo, pelo período de 30 minutos.

Conclui-se que os painéis pré-moldados mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas atendem ao critério estabelecido na Diretriz SiNAT N°002 – REV.04 quanto à segurança contra incêndio para edifícios de até cinco pavimentos (térreo + 4 pavimentos).

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

Vale ressaltar que a empresa ITC 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, na ABNT NBR 14432 e nos regulamentos municipais específicos.

5. Controle da qualidade

A ITC – Inovação, Tecnologia e Comércio em Construções Ltda. mantém controles necessários para a qualidade do processo de produção fabril e de montagem dos painéis de parede pré-moldados. 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 (são realizados ensaios de verificação da consistência e de resistência à compressão na idade de desenforma – 48 horas e aos 28 dias);
- Sequência e verificação das etapas de produção dos painéis pré-moldados, tais como: posicionamento, limpeza e aplicação de desmoldante nas fôrmas metálicas, posicionamento e cobrimento das armaduras, posicionamento dos blocos cerâmicos, mistura, 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 dispositivos de fixação e de alças de içamento, aparência e eventual presença de falhas, fissuras, porosidade excessiva, entre outros;

[Digite aqui]

- 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 painéis, ligação entre painel e laje, travamento e escoramento dos painéis de parede, verificação do alinhamento e prumo, verificação das dimensões dos vãos e dos ambientes, interface entre painel e esquadrias, tratamento das juntas e aceitação da montagem finalizada.

As Tabelas 07 e 08 apresentam as tolerâncias para “produção dos painéis” e para “inspeção de recebimento e montagem de painéis”, respectivamente.

Tabela 07 – Tolerâncias para “produção dos painéis”

Produção de painéis		
Item de inspeção	Método de verificação	Tolerância
Comprimento e altura do painel	Trena	± 10 mm
Espessura do painel	Trena	± 5 mm
Esquadro da fôrma do painel	Trena (medindo-se as duas diagonais)	± 5 mm
Dimensões dos vãos de esquadrias	Trena	± 5 mm
Posicionamento dos vãos de esquadrias	Trena	± 5 mm
Posicionamento das barras de soldagem	Trena	± 15 mm
Posicionamento das alças de içamento	Trena	± 80 mm
Posicionamento de lajotas	Trena	± 10 mm
Posicionamento de armaduras	Trena	± 10 mm

Tabela 08 – Tolerâncias para “inspeção de recebimento e montagem de painéis”

Inspeção de recebimento e montagem de painéis		
Item de inspeção	Método de verificação	Tolerância
Alinhamento	Linha e cunha metálica com marcações de 1 mm a 10 mm	± 5mm
Prumo	Prumo de face e cunha (conferir o prumo do painel em montagem e o prumo do painel montado em relação aos painéis inferiores)	± 2 mm
Verificação das dimensões dos ambientes internos	Trena	± 5 mm

A proponente deve manter profissional qualificado para acompanhamento do controle fabril e de montagem em todos os empreendimentos.

Foram realizadas auditorias técnicas no empreendimento Residencial Colibris – Itapira/SP, o qual encontrava-se em fase de execução, porém com obras paralisadas, permitindo avaliar o potencial atendimento do sistema construtivo quanto ao controle de montagem, conforme requisitos e critérios especificados na Diretriz SiNAT N°002 – REV.04.

O controle de eventuais patologias ou reparos pós-ocupação deve ser evidenciado pela ITC – Inovação, Tecnologia e Comércio em Construções Ltda., por meio de registros formais. Em conformidade com o Regimento Geral do SiNAT, serão realizadas auditorias técnicas quadrimestrais para verificação dos controles realizados pelo proponente no processo de produção (fabril), de montagem (obra) e pós-ocupação.

6. Fontes de informação

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

6.1 Documentos da empresa

- Projetos e detalhamentos executivos arquitetônicos, estruturais, instalações de hidráulica e de elétrica;
- Memorial descritivo do sistema construtivo “Painéis estruturais pré-moldados mistos de concreto armado e peças cerâmicas”;
- Memória de Cálculo Estrutural e Anotação de Responsabilidade Técnica;
- Procedimentos de produção e montagem, planilhas de recebimento de materiais e de serviços;
 - Procedimento de produção do concreto;
 - Procedimento de produção dos painéis de parede;
 - Procedimento de produção dos painéis de parede com tubulações hidráulicas;
 - Procedimento de desenforma, içamento, armazenamento e transporte dos painéis de parede;
 - Procedimento de montagem dos painéis de parede;
 - Procedimentos de instalação de esquadrias, sistema de cobertura, revestimentos e acabamentos;
 - Procedimento de reparo de vícios construtivos em painéis de parede;
 - Procedimentos de manutenção periódica dos equipamentos de produção;
 - Procedimento de inspeção de materiais;
 - Procedimento de inspeção de serviços para a produção dos painéis;
 - Planilhas de verificação de serviços.
- Manual de uso, operação e manutenção (Manual do proprietário);
- Documento de transferência de tecnologia para terceiros.

6.2 Relatórios Técnicos e Relatórios de Ensaio

- Relatório Técnico de Avaliação - 003/2018 – IFBQ;
- Relatório de Auditoria Técnica N°001/2018 – IFBQ;
- Relatório de Auditoria Técnica Complementar N°007/2019 – IFBQ;
- Relatório de Auditoria Técnica N°006/2020 – IFBQ;
- Relatório de Auditoria Técnica N°08/2024 – IFBQ;
- Relatório Técnico N° 137 151-205 – CT-OBRAS – SEE – IPT (Ensaio de compressão excêntrica de painéis de parede constituídos por lajotas cerâmicas e concreto);
- Relatório de Ensaio IPT n° 1 049 338-203 – Determinação da resistência à compressão de lajotas cerâmicas;
- Relatório de Ensaio IPT n° 1 049 337-203 determinação da massa e da absorção de água das lajotas cerâmicas;
- Relatório de Ensaio IPT n° 1 049 336-203 – Determinação das características geométricas das lajotas cerâmicas;
- Relatório Técnico N° 134 971-205 – Centro Tecnológico do Ambiente Construído – Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios LCA - IPT (Avaliação do desempenho térmico de apartamentos com paredes mistas de concreto e elementos cerâmicos na Zona Bioclimática 3);
- Relatório Técnico N°002/2024 – IFBQ (Verificação do desempenho térmico – Procedimento simplificado);
- Relatório Técnico N°003/2024 – IFBQ (Verificação da análise do risco de condensação superficial);
- Relatório IPT N° 139 292 – 205 - Vol I/III;
- Relatório IPT N° 139 292 – 205 - Vol II/III;
- Relatório IPT N° 139 292 – 205 - Vol III/III;
- Relatório IPT N° 143 975 - 205;
- Relatório IPT N° 145 702 – 205 - Vol I/II;
- Relatório IPT N° 145 702 - 205 - Vol II/II;
- Relatório de Ensaio N° 1 091 334 – 203 Centro Tecnológico do Ambiente Construído – Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios LCA - IPT – Desempenho acústico: Determinação de isolamento ao ruído aéreo de um elemento de vedação vertical externa de dormitório;
- Relatório de Ensaio N° 1 091 335 – 203 Centro Tecnológico do Ambiente Construído – Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios LCA - IPT – Desempenho acústico: Determinação do isolamento ao ruído aéreo de um elemento de vedação vertical

[Digite aqui]

interna entre unidades habitacionais autônomas, nas situações onde não haja ambiente de dormitório;

- Relatório de Ensaio Nº 1 091 336 – 203 Centro Tecnológico do Ambiente Construído – Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios LCA - IPT – Desempenho acústico: Determinação do isolamento ao ruído aéreo de um elemento de vedação vertical interna na mesma unidade habitacional autônoma;
- Relatório de Ensaio Nº 1 091 337 – 203 Centro Tecnológico do Ambiente Construído – Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios LCA - IPT – Desempenho acústico: Determinação do isolamento ao ruído aéreo de um piso separando unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório;
- Relatório de Ensaio Nº 1 091 338 – 203 Centro Tecnológico do Ambiente Construído – Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios LCA - IPT – Desempenho acústico: Determinação de nível de pressão sonora de impacto padronizado de um piso entre duas unidades habitacionais;
- Relatório de Técnico Nº 144 924 – 205 Centro de Tecnologia de Obras e Infraestrutura – CT – OBRAS – Setor de Engenharia de Estruturas – SEE – Ensaio de compressão excêntrica de painéis de parede constituídos por nervuras de concreto e lajotas cerâmicas;
- Relatório de Ensaio Nº 1 027 549-203 Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos/CETAC – Verificação de resistência de sistemas de vedações verticais a impactos de corpo duro;
- Relatório de Ensaio de Compressão Axial de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto (LW Controle Tecnológico em solo e concreto – para 28 dias);
- Roriz Engenharia Bioclimática - Avaliação dos níveis de desempenho térmico de edificações habitacionais em painéis pré-moldados;
- Relatório de Ensaio ENO/310.177/18 – Impacto de corpo mole – Falcão Bauer.

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 e Sistemas Convencionais, Capítulo V, Art. 13:

- a) o Proponente é o único responsável pela qualidade do produto avaliado no âmbito do SiNAT – Inovadores;
- b) o Proponente deve produzir e manter o produto, bem como o processo de produção, nas condições de qualidade e desempenho que foram avaliadas do âmbito SiNAT - Inovadores;
- c) o Proponente deve produzir o produto de acordo com as especificações, normas e regulamentos aplicáveis, incluindo as diretrizes SiNAT - Inovadores;
- d) o Proponente deve empregar e controlar o uso do produto inovador, ou sua aplicação, de acordo com as recomendações constantes do DATec concedido e literatura técnica da empresa;
- e) o IFBQ e as diversas instâncias do SiNAT não assumem qualquer responsabilidade sobre perda ou danos advindos do resultado direto ou indireto do produto avaliado.

A Detentora da Tecnologia ITC – Inovação, Tecnologia e Comércio em Construções Ltda.. compromete-se a:

- a) manter os painéis de parede e o processo de produção nas condições gerais de qualidade em que foram avaliados neste DATec, elaborando projetos específicos para cada empreendimento;
- b) produzir os painéis de parede de acordo com as especificações, normas técnicas e regulamentos aplicáveis;
- c) manter a capacitação da equipe de colaboradores envolvida no processo;
- d) 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;
- e) comunicar ao IFBQ eventuais desvios verificados no uso da tecnologia objeto do DATec sob sua responsabilidade;
- f) facilitar ao IFBQ o acesso a documentos, informações e visitas técnicas de avaliação do produto;

[Digite aqui]

- g) informar ao IFBQ a execução de novos empreendimentos com uso do sistema avaliado;
- h) criar um canal de assistência técnica para atendimento aos usuários do produto inovador;
- i) informar ao IFBQ sempre que houver transferência de tecnologia de uso do sistema por empresas além da detentora;
- j) utilizar produtos e sistema conforme documentos aprovados;
- k) utilizar informações do SiNAT relativas ao produto somente durante o período de validade dos documentos;
- l) manter documentos para rastreabilidade do produto;
- m) 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.

Os painéis de parede devem ser utilizados 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, 17 de outubro de 2024.