

 Rua Aquinos, 111 - Água Branca 05036-070 - São Paulo/SP Tel/Fax (11) 3611-0833 www.ifbq.com.br inovacons@falcaobauer.com.br	Produto Painéis de vedação sem função estrutural pré-fabricados em concreto Proponente Contempla Engenharia e Empreendimentos Ltda. Av. Sete de Setembro, 1313 - Centro 88900-013 – Araranguá/SC Tel.: (48) 3524-4444	
<u>Emissão</u> <u>Novembro de 2020</u> <u>Validade</u> <u>Outubro de 2023</u>	<i>Considerando a avaliação técnica coordenada pela ITA IFBQ e a decisão dos Técnicos Especialistas, indicados conforme as Portarias nº 2.795/2019, nº 756/2020 e nº 2.079/2020, do Ministério do Desenvolvimento Regional, a Coordenação Geral do PBQP-H da Secretaria Nacional de Habitação resolveu conceder ao produto: “Painéis de vedação sem função estrutural pré-fabricados em concreto” o Documento de Avaliação Técnica Nº036-A. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para os painéis destinados a execução de paredes sem função estrutural em edifícios habitacionais unifamiliares às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.</i>	DATEC Nº036-A

Limites da avaliação técnica do sistema pré-fabricado em concreto composto por painéis de vedação sem função estrutural, estruturado por pilares e vigas-cinta:

- Para a avaliação do produto considerou-se como inovador, todos os elementos que compõem o sistema construtivo, quais sejam, painéis sem função estrutural com pilares e vigas-cinta pré-fabricados em concreto e sistema de fundação. Também foram consideradas as interfaces entre os painéis pré-fabricados, entre painéis pré-fabricados e pilares, entre painéis pré-fabricados e vigas-cinta, e entre painéis pré-fabricados e sistema de fundação;
- Os componentes e elementos convencionais (sistema de cobertura, sistema hidráulico e sistema elétrico) não estão contemplados nessa avaliação e devem atender às normas técnicas correspondentes;
- A avaliação do projeto e o cálculo estrutural foram realizados considerando o sistema construtivo Contempla destinado à unidades habitacionais unifamiliares térreas isoladas;
- A estanqueidade à água foi avaliada considerando as juntas entre painéis, as juntas entre painéis e pilares, as juntas entre painéis e vigas-cinta e, juntas entre painéis e janela, por meio de ensaios laboratoriais, análise de projetos e visitas em campo (edificações em construção, edificações finalizadas e edificações ocupadas);
- O desempenho térmico foi avaliado para as oito zonas bioclimáticas, constantes da ABNT NBR 15220-3:2005, considerando o projeto de edificações habitacionais unifamiliares térreas isoladas e o sistema de cobertura. A utilização do sistema limita-se as zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 5, 6, 7 e 8, desde que respeitado as cores de acabamento das paredes de fachada e a condição de sombreamento conforme apresentado no item 4.3 deste documento;
- As avaliações de desempenho acústico foram realizadas em campo ($D_{2m,ntw}$), sendo o índice de isolamento sonora obtido de 31dB, demonstrando potencial de atendimento ao critério de diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa do dormitório (fachada) $D_{2m,nT,w} \geq 30$ para as Classes I, II e III de ruído;
- A avaliação da durabilidade do sistema construtivo, especialmente para painéis, pilares e vigas-cinta pré-fabricadas em concreto, considerou concreto classe C30, relação água/cimento (a/c) $\leq 0,55$, para painéis e vigas-cinta e concreto classe C40 para os pilares, $a/c \leq 0,55$,

atendendo as classes de agressividade ambiental I, II e III (zonas rural, urbana e marinha, respectivamente), contempladas na ABNT NBR 6118:2014;

- Limitações arquitetônicas:

- o A utilização de painéis especiais (62mm de espessura e adição de microfibras de polipropileno) em todas as paredes que conformam o ambiente da cozinha, assim como o fechamento de vãos desse ambiente por meio de septos compostos por duas chapas de gesso para *drywall* do tipo *standard* com 12,5mm de espessura, a fim de atender ao critério de resistência ao fogo por período de 30 minutos;
- o Uso de beiral com projeção mínima de 60cm e calçada ao redor de toda a edificação com largura mínima de 70cm, contribuindo para a estanqueidade do sistema;
- O comportamento das juntas entre painéis, entre painéis e pilares, entre painéis e vigas-cinta e, entre painéis e sistema de 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

O sistema construtivo da Contempla é constituído por painéis de vedação sem função estrutural pré-fabricados em concreto com resistência característica à compressão de 30MPa e possuem dimensões de 900mm de comprimento, 510mm de largura e 37mm de espessura (Figura 01). Os painéis de vedação vertical que conformam as paredes de ambientes de cozinha (devido ao tempo requerido de resistência ao fogo de 30 minutos) são produzidos em concreto com f_{ck} 25MPa e adição de microfibras de polipropileno e apresentam dimensões de 900mm de comprimento, 510mm de largura e 62mm de espessura (Figura 02), sendo sua borda lateral provida de desenho em formato de “dente”. Tal desenho viabiliza seu encaixe no pilar de modo a dispor a face lisa do painel no mesmo nível da face do pilar. Destaca-se que o pilar apresenta seção única, conforme apresentado nas Figuras 04 e 05.

- Painel com espessura de 37mm – paredes internas e externas;
- Painel com espessura de 62mm – paredes em ambiente de cozinha.

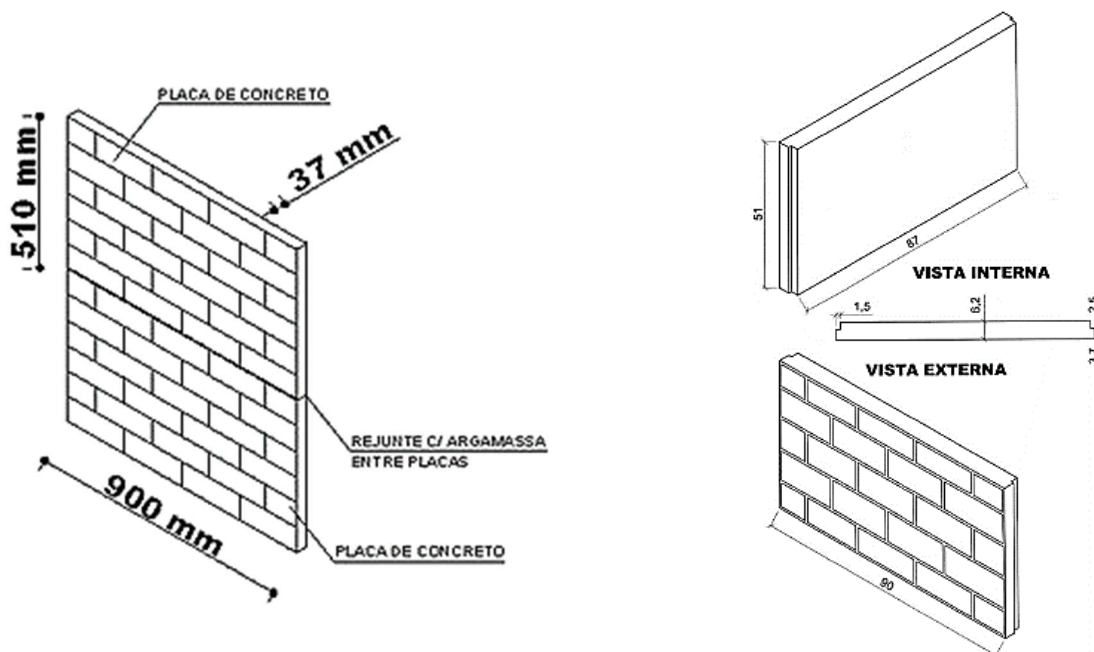


Figura 01 – Painel de vedação sem função estrutural pré-fabricado em concreto.

Figura 02 – Painel de vedação sem função estrutural pré-fabricado em concreto para ambiente de cozinha.

Os painéis de vedação são sobrepostos e confinados entre pilares pré-fabricados de concreto armado (seção quadrada de 102mmx102mm e comprimento de 3200mm) (Figura 03). As paredes são revestidas com argamassa industrializada com 15mm de espessura, sendo as paredes externas revestidas somente na face voltada para o interior da edificação e as paredes internas revestidas em ambas as faces.

Os pilares (Figuras 04 e 05) são apoiados sobre peças pré-fabricadas circulares de concreto e consolidados, em sua parte inferior, por meio de viga baldrame em concreto armado moldada no local. Na porção superior, os pilares são travados por vigas-cinta pré-fabricadas de concreto armado (dimensões de 102mmx102mm e comprimento variável) dispostas sobre o topo dos mesmos. A fixação das vigas-cinta aos pilares é viabilizada por meio de chapas de aço galvanizado (com dimensões de 250mmx3,4mmx25,4mm) engastadas nas extremidades das vigas-cinta quando da respectiva produção na unidade fabril e por barras roscadas galvanizadas ($\varnothing$ 5/16") e porcas (do tipo sextavada) posicionadas na face superior do pilar (Figura 06). Abaixo da porca e sob as chapas de aço galvanizado é disposto fio de aço galvanizado ($\varnothing$ 3,0mm) com comprimento de 400mm, a ser fixado no banzo inferior da tesoura do sistema de cobertura com auxílio de grampo metálico de 6x9 (Figura 07).

Os vãos entre pilares e vigas-cinta são posteriormente preenchidos com concreto apresentando resistência característica à compressão de 30MPa (Figura 08). A Figura 09 apresenta um corte esquemático da parede.

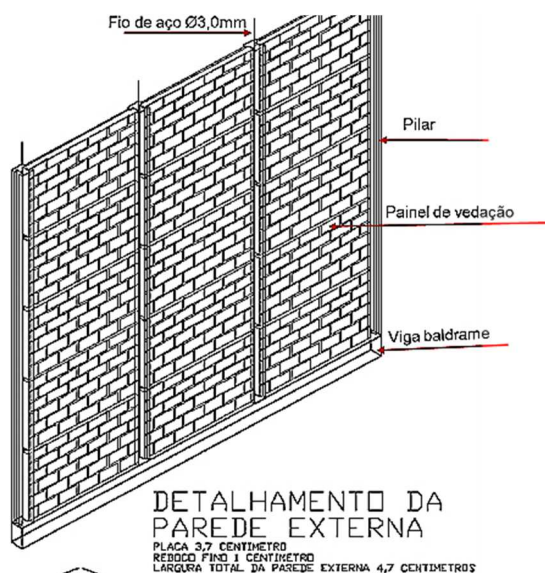


Figura 03 – (a) desenho esquemático sem escala e (b) vista da obra.

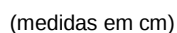


Figura 05 – Desenho esquemático do corte do pilar.



Figura 06 – Viga cinta e detalhe da fixação com o pilar.

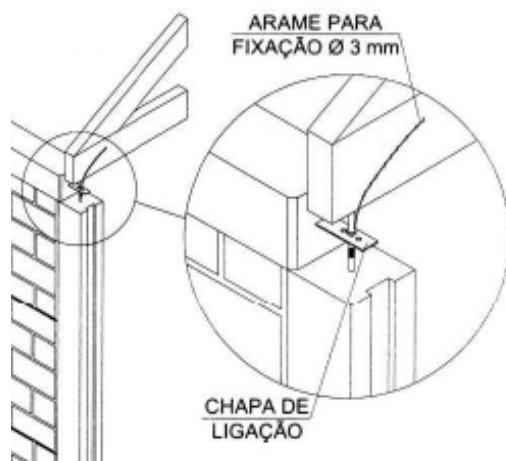


Figura 07 – Fixação entre pilar e viga.



Figura 08 – Detalhe – vão entre pilar e vigas posteriormente concretado.

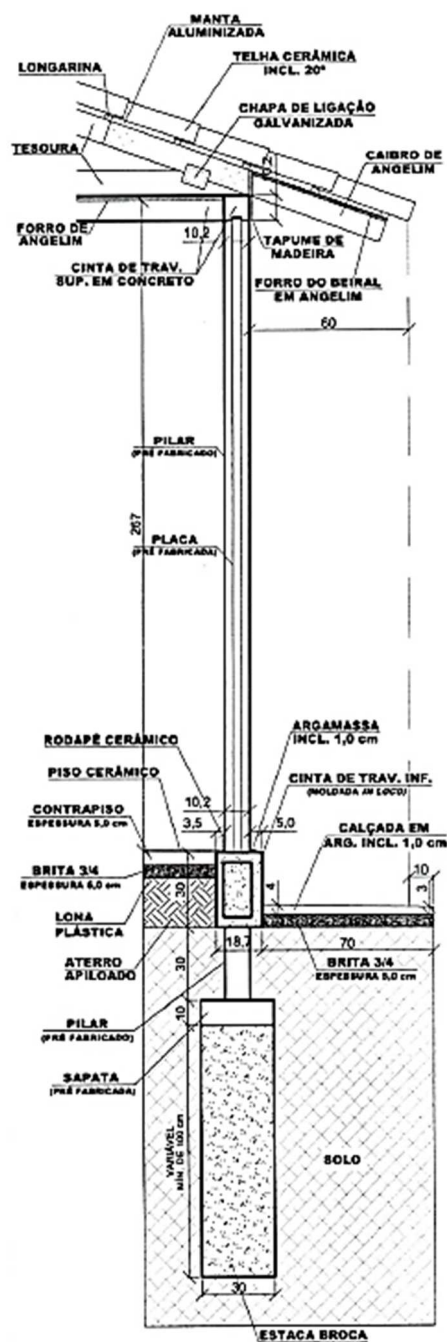


Figura 09 – Desenho esquemático da seção de parede.

A produção e a moldagem dos painéis, pilares e vigas-cinta, ocorrem, conforme projeto específico e são realizadas em unidade fabril, por meio de formas metálicas sobre mesa vibratória. A movimentação dos painéis e pilares, tanto na unidade de produção quanto na montagem em obra, é realizada manualmente.

Os painéis de vedação são empregados em unidades habitacionais unifamiliares térreas isoladas. O projeto considerado na avaliação é composto por: dois dormitórios (10,79m² e 8,07m²); banheiro (3,53m²); circulação (1,73m²); sala de estar (10,79m²); cozinha (8,07m²); varanda coberta (2,84m²) e nos fundos, área de serviço coberta (5,34m²) perfazendo um total de 51,16m² de área útil e 55,85m² de área construída (Figura 10).

A caixa d'água é instalada internamente sobre estrutura de madeira apoiada nas treliças de cobertura que estão conectadas ao sistema estrutura por meio das vigas-cinta e dos pilares. O sistema de cobertura é composto por estrutura de madeira, telhas cerâmicas e forro em régua de madeira.

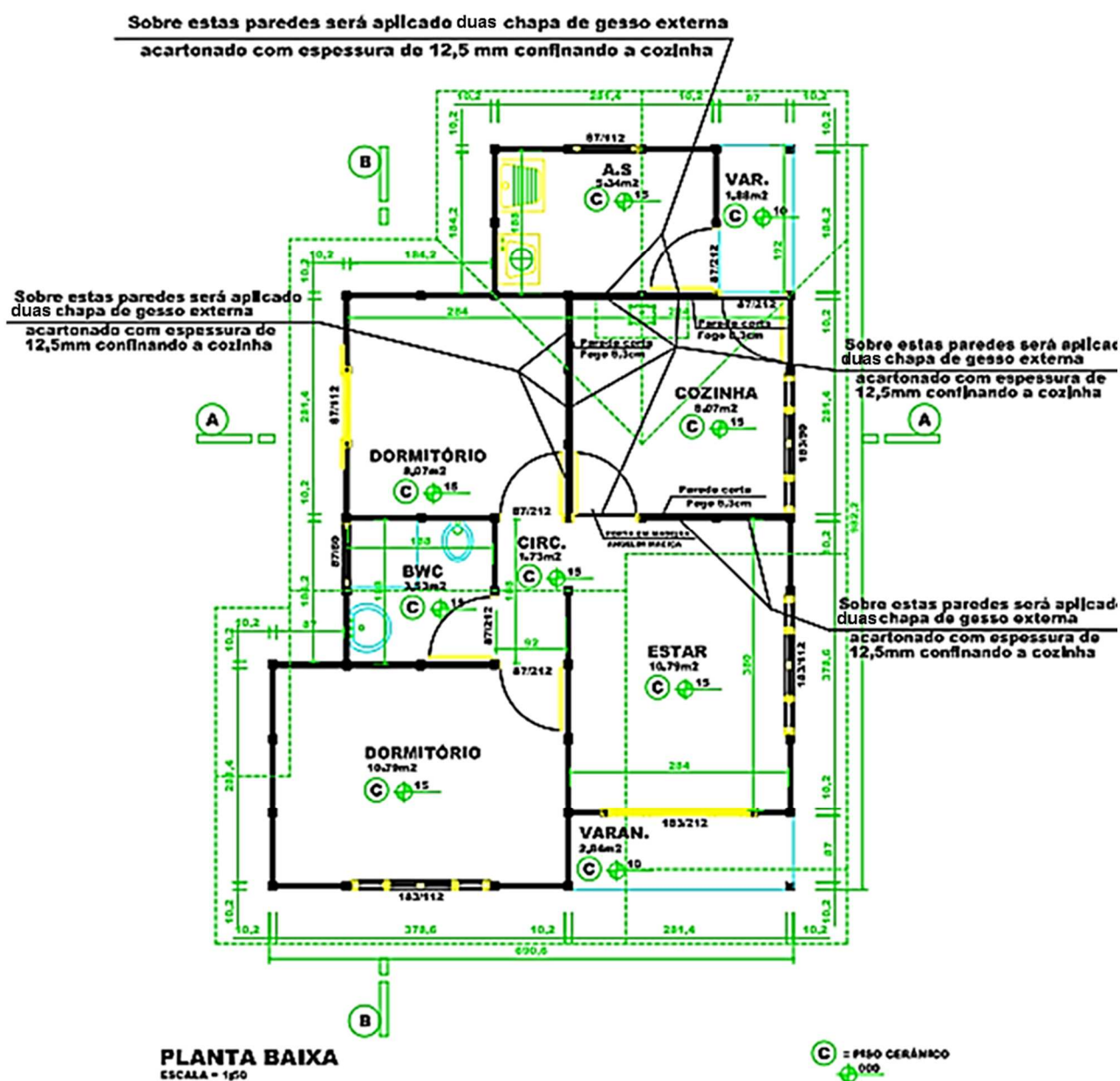


Figura 10 – Planta baixa da unidade habitacional unifamiliar térrea isolada.

O sistema de vedação vertical (painéis pré-fabricados em concreto, vigas e pilares pré-fabricados em concreto armado) pode ser empregado em edificações habitacionais unifamiliares térreas isoladas.

A avaliação técnica não contemplou elementos e componentes convencionais como: fundações, 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

Não são permitidas modificações nos painéis de vedação e pilares, tais como: abertura de vãos e rasgos para instalações hidráulicas e elétricas. 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 no Manual técnico de uso, operação e manutenção, preparado pelo proponente.

O uso do produto está limitado às classes de agressividade ambiental I, II e III (áreas rurais, urbanas e marinhas, respectivamente). Com relação a avaliação de desempenho térmico, a utilização do produto limita-se as zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 5, 6, 7 e 8, desde que respeitadas as cores de acabamento das paredes de fachada conforme apresentado no item 4.3 deste documento.

Os furos para fixação de cargas suspensas deverão ser realizados nas paredes internas, revestidas em ambas as faces (paredes entre cômodos/dependências distintas), devem ser utilizados parafusos com 50mm de comprimento e buchas plásticas de 8,0mm de diâmetro. Essas informações constam no Manual de Uso, Operação e Manutenção.

Deve-se respeitar as limitações arquitetônicas: uso das placas especiais (62mm de espessura produzidas em concreto com adição de microfibra de polipropileno) conformando as paredes da cozinha e fechamento com septo no ambiente de cozinha, uso de beiral (projeção mínima de 60cm) e calçadas (largura mínima de 70cm).

Os procedimentos de manutenção e de troca das esquadrias constam no Manual de Uso, Operação e Manutenção.

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 materiais que conformam os painéis de vedação sem função estrutural pré-fabricados em concreto, painéis de vedação pré-fabricados em concreto reforçados com microfibras, pilares e vigas pré-fabricados em concreto armado.

a) Concreto utilizado nos pilares, vigas e painéis: concreto com massa específica da ordem de 2300kg/m³ e classe de consistência (abatimento) especificada de S50. Para os pilares, a resistência característica à compressão é de 40MPa, Classe C40, $a/c \leq 0,55$, podendo ser utilizado em regiões que apresentem classes de agressividade ambiental I, II e III (áreas rurais, urbanas e marinhas, respectivamente). Para os painéis e vigas-cinta o concreto utilizado enquadra-se na classe C30 (30MPa), $a/c \leq 0,55$.

As paredes que delimitam a área da cozinha são executadas com placas, pilares e vigas-cinta constituídos por concreto com adição de microfibra de polipropileno na proporção de 2,5kg/m³,

tendo as placas espessura de 62mm e concreto com resistência característica à compressão de 25MPa, classe C25, $a/c \leq 0,55$.

A resistência mínima do concreto especificada para a desenforma (48h após a concretagem) dos elementos é de 5MPa.

- b) **Armaduras dos (pilares e vigas):** quatro fios longitudinais de aço CA-60 de $\varnothing 5\text{mm}$. A resistência característica de escoamento do aço à tração especificada na memória de cálculo é de 600MPa.
- c) **Espaçadores dos (pilares e vigas):** plástico do tipo estribo com dimensões 25mmx25mm (Figura 11), espaçados a cada 250mm, providenciando cobrimento de 30mm.
- d) **Chapa metálica de ligação das vigas aos pilares:** chapa metálica com comprimento de 250mm, largura de 25,4mm e espessura de 3,2mm (Figura 12).

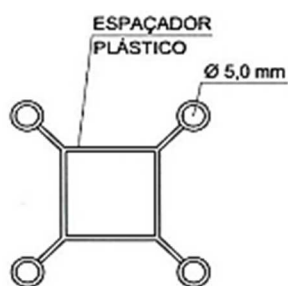


Figura 11– Detalhe do espaçador plástico tipo estribo.

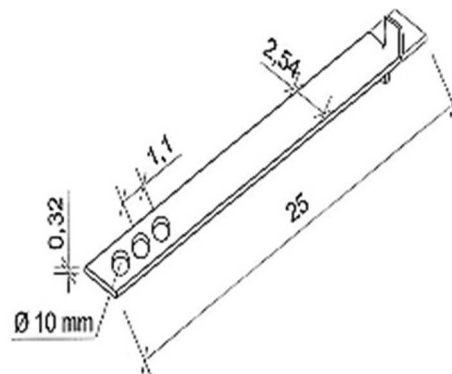
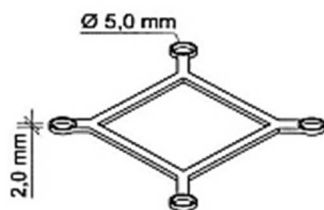


Figura 12 – Detalhe da chapa metálica de ligação.

3.2. Procedimento de execução

3.2.1. Produção dos painéis na unidade fabril

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

- a) **Preparação das formas:** as formas são metálicas com bordas reforçadas em aço, providas de molde metálico de modo a conformar estampa com características de tijolo aparente (Figura 13).
- b) **Aplicação do desmoldante:** previamente é realizada a limpeza das formas e em seguida é aplicado desmoldante a base de óleo vegetal com o auxílio de trinchas (Figura 14).



Figura 13 – Forma metálica destinada a produção de quatro painéis de vedação.



Figura 14 – Aplicação do desmoldante.

- c) **Produção do concreto:** o concreto para moldagem dos painéis é produzido em central própria na unidade fabril. A mistura é realizada em betoneira estacionária (Figura 15). Os agregados são estocados em baias individuais, sendo protegidos por lona plástica (Figura 16).



Figura 15 – Betoneira estacionária.



Figura 16 – Baías de estocagem dos agregados graúdos e miúdos.

d) **Lançamento do concreto:** é lançada manualmente a primeira camada de concreto com 19mm de espessura e em seguida é acionada a mesa vibratória durante 30 segundos (Figura 17). Lança-se a segunda camada de concreto com 18mm de espessura e novamente é acionada a mesa vibratória por mais 30 segundos (Figura 18). São retirados os excessos e, em seguida, é realizado acabamento ranhurado com auxílio de vassoura com cerdas rígidas de náilon, sempre no sentido longitudinal (maior dimensão da placa), de modo que a nata de cimento surgida por consequência do processo de vibração para adensamento do concreto da placa seja parcialmente removida (Figura 19 e 20).



Figura 17 – Forma com a primeira camada de concreto.



Figura 18 – Lançamento manual da segunda camada de concreto.



Figura 19 – Paineis de vedação após vibração da segunda camada de concreto.



Figura 20 – Painéis com ranhuras.

e) **Processo de cura, desenforma e estocagem:** concluído o processo de concretagem e adensamento, as formas metálicas são removidas para local plano e nivelado para o seu armazenamento (Figura 21). O processo de cura é providenciado por meio da cobertura das formas com lona plástica, por um período de 48 horas. Em seguida é realizada a desenforma e transporte manual ao local de estocagem (Figura 22).



Figura 21 – Empilhamento das formas metálicas para processo de cura.



Figura 22 – Estocagem dos painéis de vedação no pátio da unidade fabril.

Produção dos pilares pré-fabricados em concreto armado

A sequência de atividades para a produção dos pilares em concreto armado é:

a) Preparação das formas: as formas metálicas são compostas por chapas de aço, conformando laterais e fundo, fixadas por meio de parafusos metálicos que também possuem a função de limitadores (Figuras 23 e 24).



Figura 23 – Forma metálica para pilares pré-fabricados em concreto armado.



Figura 24 – Parafusos das formas metálicas.

b) Aplicação do desmoldante: previamente é realizada a limpeza das formas e em seguida é aplicado desmoldante a base de óleo vegetal com o auxílio de trinchas (Figuras 25 e 26).



Figura 25 – Limpeza das formas metálicas.



Figura 26 – Aplicação do desmoldante.

c) Colocação da armadura: as barras de aço CA-60 de Ø5mm são alocadas nas formas metálicas com os espaçadores plásticos do tipo estribo, distribuídos a cada 250mm (Figuras 27 e 28). Na extremidade superior é colocado o parafuso galvanizado de Ø5/16" (espera) que providenciará a amarração entre o pilar e a viga na etapa de montagem (Figuras 29 e 30).



Figura 27 – Fios de aço CA-60 de Ø 5mm e espaçador plástico do tipo estribo.



Figura 28 – Posicionamento da armadura na forma metálica.



Figura 29 – Parafuso de aço galvanizado posicionado na extremidade superior do pilar.



Figura 30 – Parafuso de aço galvanizado no pilar concretado.

d) Produção do concreto: o processo de produção do concreto para moldagem dos pilares é o mesmo especificado para os painéis de vedação, conforme item 3.2.1, alínea c).

e) Lançamento do concreto: é lançada manualmente a primeira camada de concreto com aproximadamente 35mm de espessura (abaixo dos parafusos metálicos) e em seguida é acionada a mesa vibratória durante 30 segundos (Figura 31). Lança-se a segunda camada de concreto completando a altura total da forma e novamente é acionada a mesa vibratória por mais 30 segundos (Figura 32).



Figura 31 – Lançamento da primeira camada de concreto na forma metálica.



Figura 32 – Lançamento da segunda camada de concreto na forma metálica.

f) Posicionamento das tubulações de elétrica: o posicionamento dos conduítes elétricos do tipo rígido e liso de Ø12,5mm e das caixas de passagem (80mmx40mm) é realizado após o lançamento da primeira camada de concreto (Figuras 33 e 34). A perda da seção do pilar para a colocação de caixa elétrica está considerada na memória de cálculo.



Figura 33 – Posicionamento do conduíte elétrico e caixa de passagem na forma metálica.



Figura 34 – Pilar concretado com caixa de passagem para instalação elétrica.

g) Processo de cura, desenforma e estocagem: concluído o processo de lançamento e adensamento do concreto, as formas são removidas para local em leito plano e nivelado destinado para o armazenamento. O processo de cura é providenciado por meio da cobertura das formas com lona plástica, por um período de 48 horas. Após 48 horas os pilares são desenformados e armazenados, lado a lado, no interior do galpão da fábrica, em local onde será concluído o processo de cura. Após 7 (sete) dias são transportados até o pátio externo (local de estocagem) (Figuras 35 e 36).



Figura 35 – Desenforma dos pilares em concreto armado.



Figura 36 – Estocagem dos pilares no pátio da unidade fabril.

3.2.2. Produção de vigas pré-fabricadas em concreto armado

A sequência de atividades para a produção das vigas em concreto armado é:

a) Preparação das formas: as formas metálicas são compostas por chapas de aço, conformando laterais e fundo, fixadas por meio de parafusos metálicos que também possuem a função de limitadores (Figura 37).



Figura 37 – Forma metálica para pilares pré-fabricados em concreto armado.

b) Aplicação do desmoldante: previamente é realizada a limpeza das formas e em seguida é aplicado desmoldante a base de óleo vegetal, conforme ficha técnica do produto com o auxílio de trinchas (Figuras 38 e 39).



Figura 38 – Aplicação do desmoldante.



Figura 39 – Formas limpas, montadas e com o desmoldante aplicado.

c) Colocação da armadura: os fios de aço CA-60 de Ø5mm são alocadas nas formas metálicas com os espaçadores plásticos do tipo estribo, distribuídos a cada 250mm. Nas extremidades são posicionadas as chapas metálicas de ligação que providenciarão a amarração entre o pilar e a viga na etapa de montagem (Figuras 40 e 41).



Figura 40 – Barras de aço CA-60 de Ø 5mm e chapa metálica.



Figura 41 – Posicionamento da armadura na forma metálica.

d) Produção do concreto: o processo de produção do concreto para moldagem das vigas é o mesmo especificado para os painéis de vedação, conforme item 3.2.1, alínea c).

e) Lançamento do concreto: é lançada manualmente a primeira camada de concreto com aproximadamente 35mm de espessura (abaixo dos parafusos metálicos) e em seguida é acionada a mesa vibratória durante 30 segundos (Figura 42). Lança-se a segunda camada de concreto completando a altura total da forma e novamente é acionada a mesa vibratória por mais 30 segundos (Figura 43).



Figura 42 – Lançamento da primeira camada de concreto na forma metálica.



Figura 43 – Lançamento da segunda camada de concreto na forma metálica.

f) Processo de cura, desenforma e estocagem: concluído o processo de lançamento e adensamento do concreto, as formas são removidas para local em leito plano e nivelado destinado para o armazenamento (conforme item 3.2.2, alínea g). Após a cura as vigas são armazenadas no pátio da unidade fabril (Figura 44).



Figura 44 – Estocagem das vigas no pátio da unidade fabril.

3.2.3. Processo de montagem em obra

O processo de execução das unidades habitacionais inicia-se pela marcação (locação) da obra e segue com a escavação do solo para execução das fundações. O transporte das peças pré-fabricadas da fábrica para o canteiro de obras é realizado manualmente por meio de caminhão comum.

Como elementos de fundação são executadas estacas broca com 300mm de diâmetro, 1.000mm de profundidade mínima e concreto com f_{ck} de 20MPa. Sobre as mesmas são colocadas peças circulares pré-fabricadas em concreto (blocos de nivelamento) com espessura de 100mm, concreto com f_{ck} de 20MPa, sem armadura (Figura 45). Observando a modulação do projeto executivo de montagem, verifica-se que os blocos de nivelamento (que receberão os pilares) são dispostos a cada 970mm em profundidade de 300mm da cota de arrasamento. Em seguida, os pilares pré-fabricados são apoiados sobre os blocos de nivelamento (Figura 46), alinhados e prumados, sendo aterrados por meio de compactação manual.

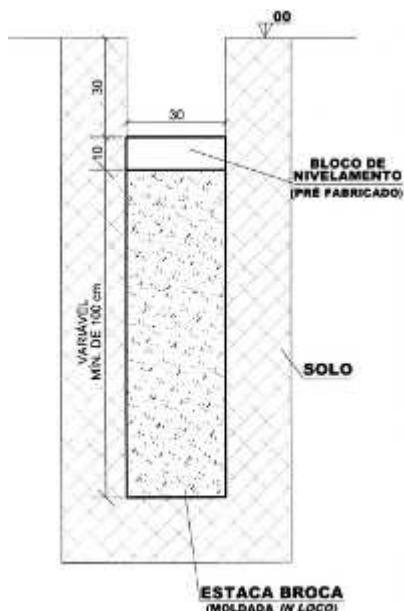


Figura 45 – Detalhe esquemático da fundação e estrutura.



Figura 46 – Pilar apoiado sobre peça circular pré-fabricada de concreto



Figura 47 – Pilares pré-fabricados aterrados.

Ressalta-se que os projetos de fundação devem ser elaborados observando-se as características do local e os estudos de geotécnica específicos

- a) **Assentamento dos painéis de vedação:** previamente ao assentamento do primeiro painel de vedação entre pilares é realizada a verificação do alinhamento e do prumo do pilar. A colocação dos painéis é realizada manualmente, sendo o primeiro painel apoiado no console do pilar. Os demais painéis são sobrepostos conforme projeto específico (Figuras 48 e 49).

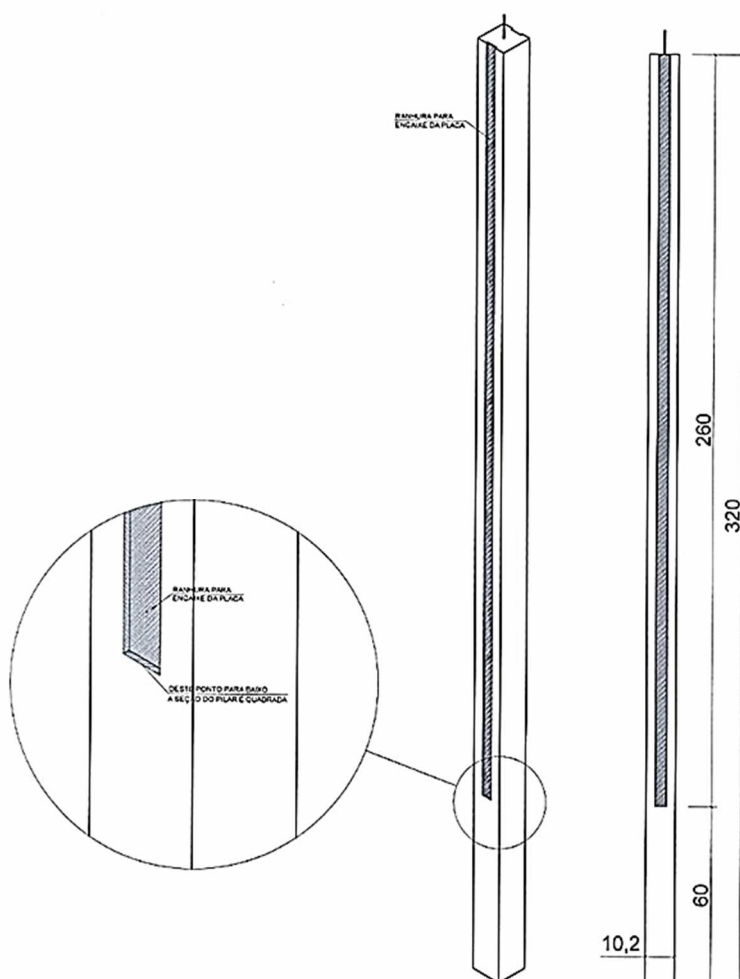


Figura 48 – Detalhe do encaixe dos pilares.



Figura 49 – Painéis sobrepostos.

b) Instalação das esquadrias e interface com os painéis de vedação e pilares: as esquadrias são em madeira Angelim e produzidas na unidade fabril da Contempla, são dimensionadas para suportar as cargas atuantes, especialmente àquelas transferidas pelos painéis de concreto que são fixados nas travessas superiores. A fixação das portas é realizada mediante pregos metálicos do tipo ardox 18x36, em roletes de madeira inseridos nos orifícios dos pilares previamente executados no processo de produção (Figuras 50 e 51). Após a fixação, o vão superior da porta (entre porta e painel) e em pontos intercalados entre parafusos é aplicada espuma expansiva a base de poliuretano. O preenchimento dos demais vãos entre batente e pilar é realizado com argamassa AC III. O acabamento externo na interface entre batente e pilar é realizado com selante elástico a base de poliuretano (Figura 52).

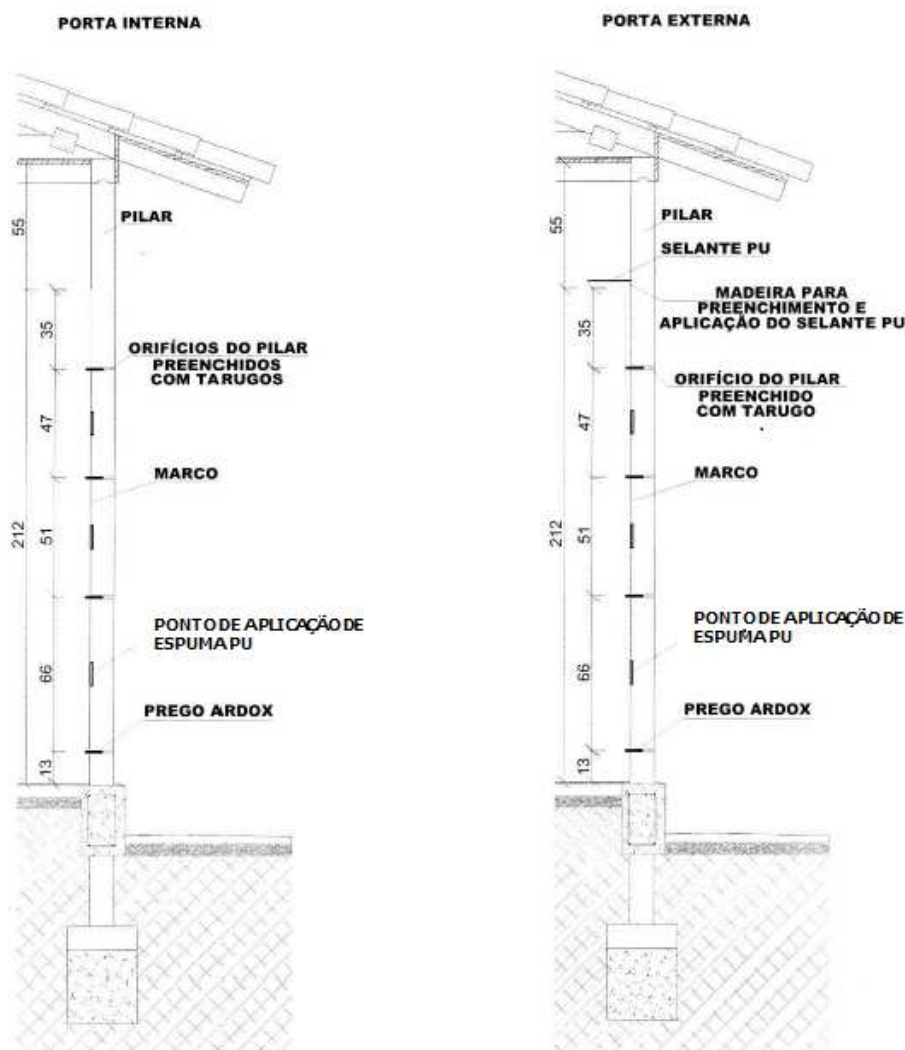


Figura 50 – Desenho esquemático da fixação dos batentes de portas nos pilares pré-fabricados.



Figura 51 – Orifícios no pilar pré-fabricado para fixação do marco da porta.

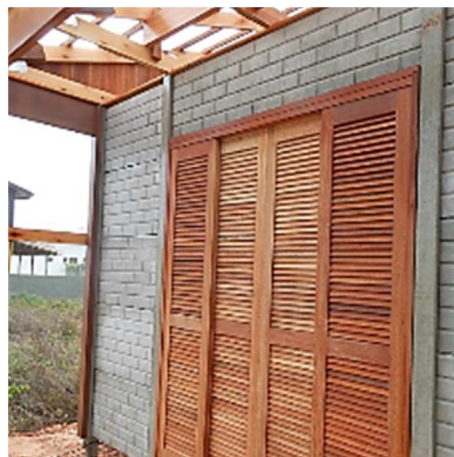


Figura 52 – Porta instalada entre pilares pré-fabricados.

Os marcos laterais das janelas são produzidos com régulas que exercem a função de encaixe, do tipo macho, quando fixado junto a reentrância do pilar. As laterais superiores e inferiores preveem reentrâncias, do tipo fêmea, para encaixe dos painéis de vedação (Figuras 53 e 54). O assentamento das janelas é feito com espuma expansiva a base de poliuretano e a vedação entre a esquadria e os elementos de concreto (pilares e placas), é realizada com selante PU (selante elástico de poliuretano monocomponente) na face superior e na face inferior

A fixação da janela (Figura 55) é realizada por meio de espuma expansiva a base de poliuretano e o acabamento é realizado com selante de poliuretano (Figuras 56 e 57).

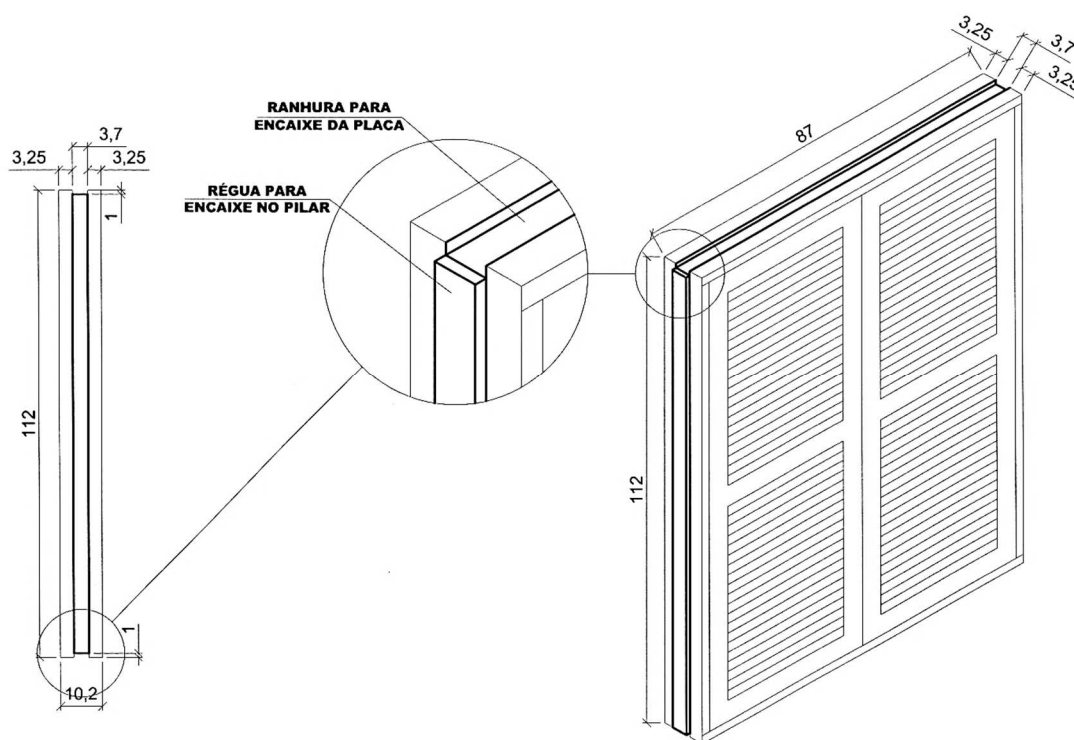


Figura 53 – Desenho esquemático da janela (em cm)

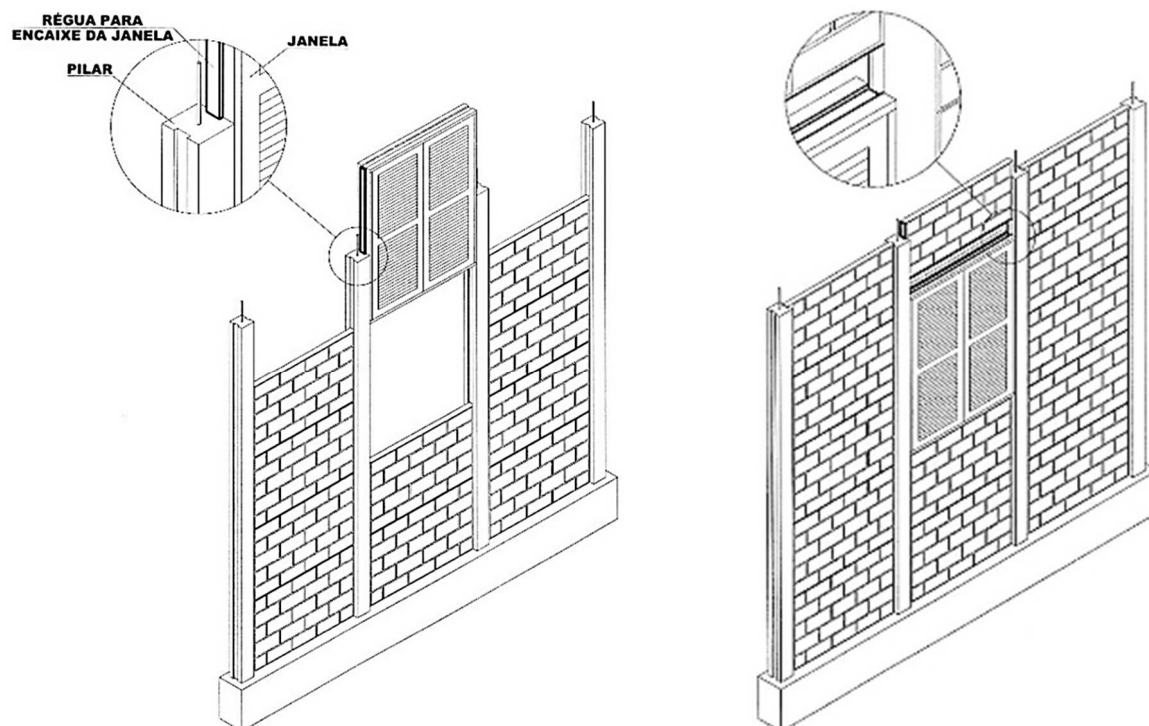


Figura 54 – Encaixe das janelas

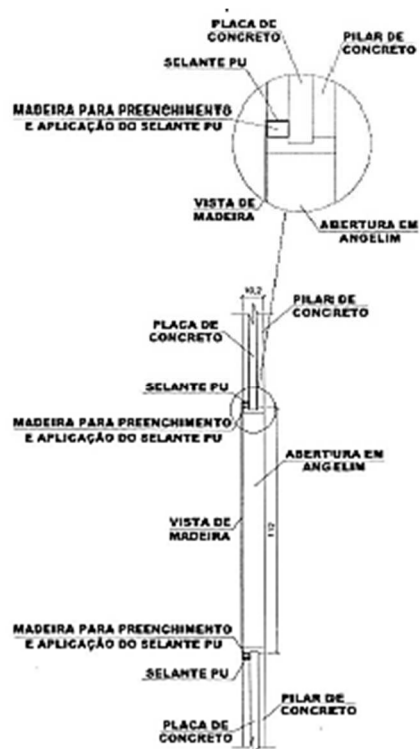


Figura 55– Detalhe esquemático da fixação das janelas



Figura 56 – Vão entre pilar e janela preenchido com espuma expansiva a base de poliuretano.



Figura 57 – Acabamento da interface entre painel e janela com selante elástico a base de poliuretano.

- c) Instalação das vigas de concreto pré-fabricadas:** as vigas pré-fabricadas em concreto com lados de 102mm são posicionadas sobre o topo dos pilares. A fixação da viga ao pilar é viabilizada por meio de chapas metálicas posicionadas nas extremidades das vigas e parafusos galvanizados ($\varnothing$ 5/16" do tipo rosca grossa), unidos por porcas do tipo sextavada. Os vãos entre pilares e vigas são posteriormente preenchidos com concreto de 30MPa (Figura 58). Abaixo da porca é posicionado fio de aço galvanizado de $\varnothing$ 3,0mm e comprimento de 400mm, posteriormente fixado no banzo inferior da tesoura do sistema de cobertura com auxílio de grampo metálico de 6x9 (Figura 59).

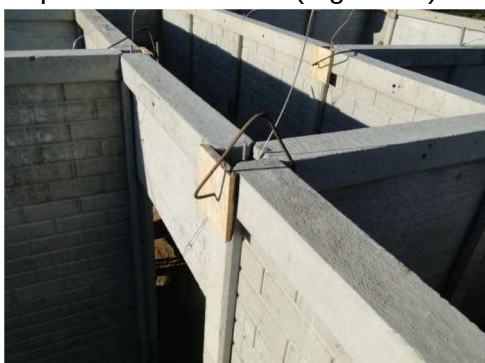


Figura 58 – Preparação para concretagem do vão entre vigas sobre pilar.



Figura 59 – Fixação do fio de aço galvanizado junto a tesoura do sistema de cobertura.

- d) Sistema de cobertura:** o sistema de cobertura é convencional e compreende estrutura em madeira, conformando ático com altura mínima de 1.450mm, telha cerâmica, manta aluminizada, forro em régua de madeira Angelim e beiral com projeção horizontal de 600mm (Figuras 60, 61 e 62). Sua instalação ocorre na etapa seguinte a da instalação das vigas pré-fabricadas em concreto. A caixa d'água é instalada sobre estrutura de madeira apoiada nos pilares que conformam as paredes do banheiro (Figura 63).



Figura 60 – Sistema de cobertura com estrutura em madeira e manta aluminizada.



Figura 61 – Sistema de cobertura com telhas cerâmicas.



Figura 62 – Forro em réguas de madeira.



Figura 63 – Caixa d'água instalada sobre estrutura de madeira.

- e) Execução das vigas baldrame:** as vigas baldrame são executadas no local em concreto armado com dimensões de 187mm de largura e 300mm de altura. Concreto com f_{ck} 30MPa e classe de consistência S10. A armação é constituída por 4 fios de aço CA50 de Ø6,3mm e estribos em aço CA60 de Ø4,2mm, espaçados a cada 300mm (Figuras 64 e 65). As formas são em madeira e a desenforma ocorre após 72 horas do término da concretagem (Figuras 66 a 68). Todas as vigas de baldrame são impermeabilizadas com aplicação de impermeabilizante de base cimentícia.

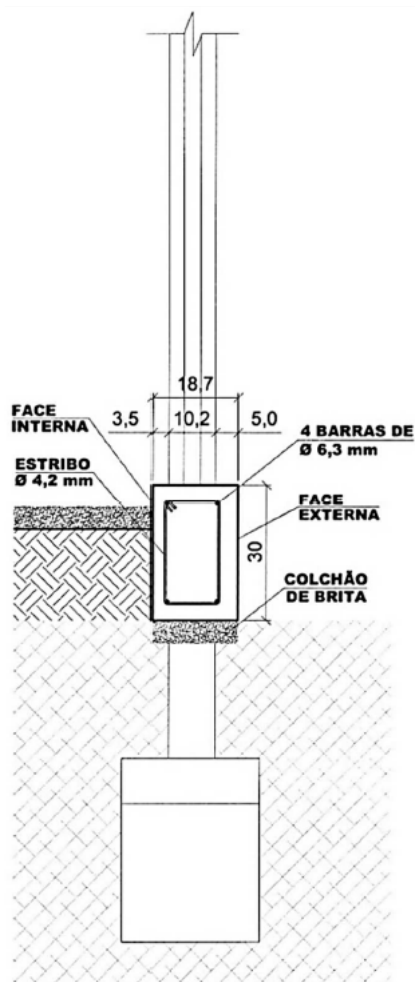


Figura 64 – Detalhamento esquemático da viga baldrame.



Figura 65 – Armação da viga baldrame.



Figura 66 – Formas em madeira para concretagem da viga baldrame.



Figura 67 – Concretagem das vigas baldrame.



Figura 68 – Viga baldrame após desenforma.

- f) **Interface entre painéis de vedação e entre painéis de vedação e pilares e vigas:** os painéis de vedação são fixados temporariamente por meio de cunhas de madeira (Figura 69). Após a amarração dos pilares, por meio das vigas-cinta pré-fabricadas em concreto e das vigas baldrame, é realizado o rejunte entre painéis, entre painéis e pilares, entre painéis e vigas-cinta e entre painéis e vigas baldrame com argamassa AC III (Figuras 70 a 72). Concluído o processo de cura do rejunte, as cunhas de madeira são retiradas e o rejuntamento é concluído com o preenchimento dos vazios onde estas se encontravam. Após o rejuntamento e antes de iniciar a execução do revestimento interno, são aplicadas telas de poliéster, com malha de 3mmx3mm, entre as placas de concreto pré-fabricadas, a fixação da tela é realizada com argamassa AC III (Figura 73).



Figura 69– Fixação temporária dos painéis por meio de cunhas de madeira.



Figura 70 – Rejunte em argamassa AC III entre painéis e entre painéis e pilares.



Figura 71 – Vão entre painel de vedação e viga de concreto preenchido com argamassa AC III.



Figura 72– Vão entre painel de vedação e viga baldrame preenchido com argamassa AC III.

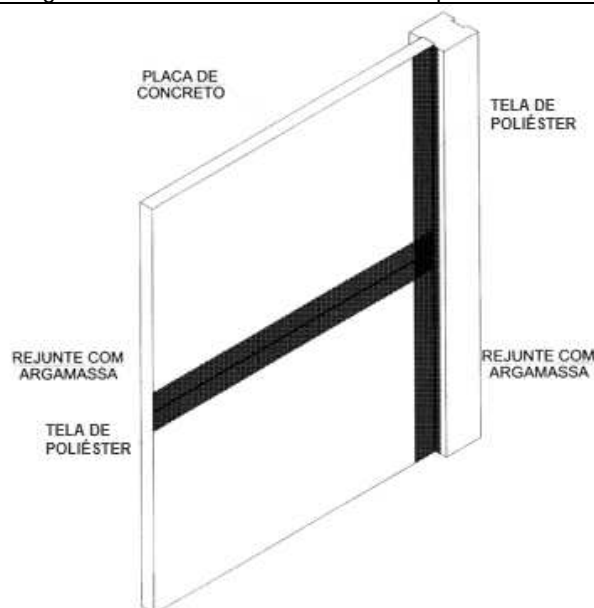


Figura 73 – Tela de poliéster entre placas de concreto.

g) Interface entre painéis de parede e instalações: as tubulações de elétrica são posicionadas internamente aos pilares durante o processo de produção e as ligações são executadas em obra (Figuras 74 e 75). As tubulações de hidráulica são executadas externamente aos painéis de vedação, embutidas na argamassa de revestimento (Figuras 76 e 77).



Figura 74 – Eletroduto e caixa de luz embutida no pilar pré-fabricado.



Figura 75 – Caixa de instalações elétricas fixada no painel de vedação.



Figura 76 – Tubulação de hidráulica do box fixada externamente ao painel de vedação.



Figura 77 – Tubulação de hidráulica da pia da cozinha embutida na argamassa de revestimento.

h) Revestimento e acabamento dos painéis de parede: os painéis de vedação voltados para o interior da edificação recebem aplicação de emboço (composto por argamassa de cimento, cal e areia fina) com espessura de 15mm (Figura 78). Os painéis de vedação destinados ao embutimento de tubulações hidráulicas de abastecimento de água, recebem aplicação de emboço com 32,5mm de espessura (Figura 79). O acabamento dos ambientes de banheiro, cozinha e área de serviço é realizado com aplicação de revestimento cerâmico do piso ao teto (Figura 80). Ressalta-se que as paredes das áreas de cozinha, banheiro e área de serviço, recebem, previamente à aplicação do revestimento cerâmico, impermeabilização com impermeabilizante de base cimentícia aplicado em duas demãos cruzadas. Nos demais ambientes o acabamento é realizado por meio de pintura acrílica sobre demão de selador acrílico. A face externa das paredes externas recebe demão de selador acrílico e pintura acrílica (Figura 81).



Figura 78 – Chapisco e emboço na face interna dos painéis de vedação.



Figura 79 – Execução do embutimento da tubulação de hidráulica no emboço.



Figura 80 – Banheiro com revestimento interno em cerâmica.



Figura 81 – Acabamento externo dos painéis de vedação em pintura acrílica.

- i) **Revestimentos de piso e interface com os painéis de parede:** previamente a execução do contrapiso, a área interna da edificação é nivelada e compactada em camadas de 300mm. Em seguida é aplicada lona plástica (espessura de 100µm) e, posteriormente, lançada camada de brita ¾" com 50mm de espessura. Na sequência executa-se o contrapiso em concreto com traço em volume de 1:4:4 (cimento: areia grossa) (Figura 82). No piso das áreas secas (dormitórios, sala e circulação), nas áreas molhadas (banheiro e área de serviço) e nas áreas molháveis (cozinha e varanda) aplica-se impermeabilizante de base cimentícia em duas demãos cruzadas e posteriormente revestimento cerâmico, no assentamento das peças cerâmicas utiliza-se argamassa colante industrializada tipo AC I (Figura 83). O piso acabado do box possui desnível de 15mm com relação ao piso acabado do banheiro.



Figura 82 – Contrapiso executado



Figura 83 – Assentamento do revestimento cerâmico.

Ao redor da edificação é executada calçada com 700mm de largura e caimento de 2% em direção oposta a viga baldrame (Figuras 84 e 85). Para impermeabilização da viga baldrame é utilizado um impermeabilizante de base cimentícia aplicado em duas demãos cruzadas, de modo que toda a superfície do elemento construtivo fique adequadamente protegido. A diferença de nível entre o piso acabado da calçada e o piso acabado da varanda/área de serviço é de no mínimo 150mm e entre o piso acabado da varanda/área de serviço e o piso acabado das áreas internas é de no mínimo 100mm (Figura 84).

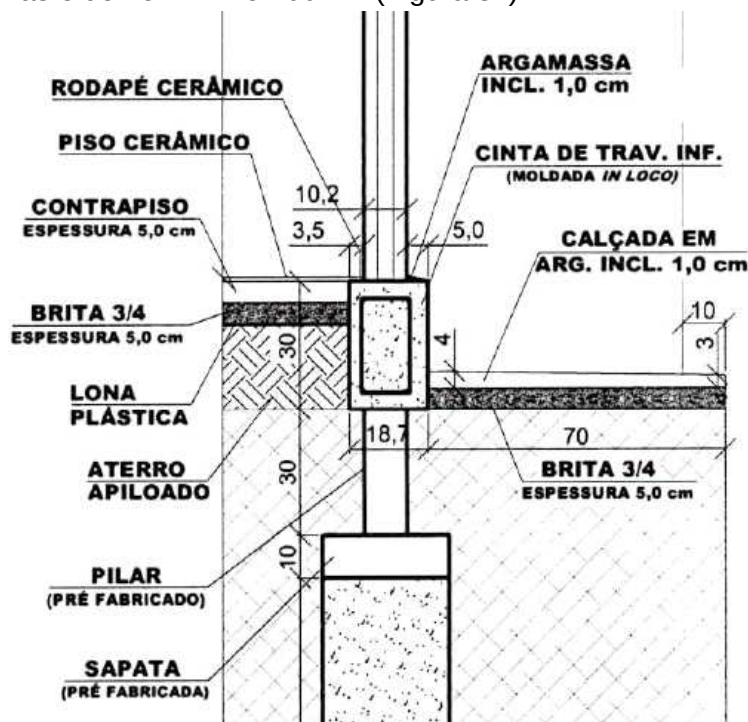


Figura 84 – Detalhe - interface da viga baldrame e painéis em concreto pré-moldado.



Figura 85 – Calçada ao redor da edificação.

- j) **Septo vertical:** entre as paredes da cozinha e ambientes adjacentes são previstos septos verticais compostos por duas chapas de gesso para *drywall* do tipo *Standard*, com espessura de 12,5mm, estruturadas por montantes metálicos (perfil de aço galvanizado tipo “U” com 48mm de largura) atendendo a necessidade de resistência ao fogo, no grau corta-fogo, por um período de 30 (trinta) minutos. As juntas entre placas recebem tratamento por meio da aplicação de fita de papel microperfurado com massa de gesso (Figuras 86 a 89), conforme norma ABNT NBR 15758-1.

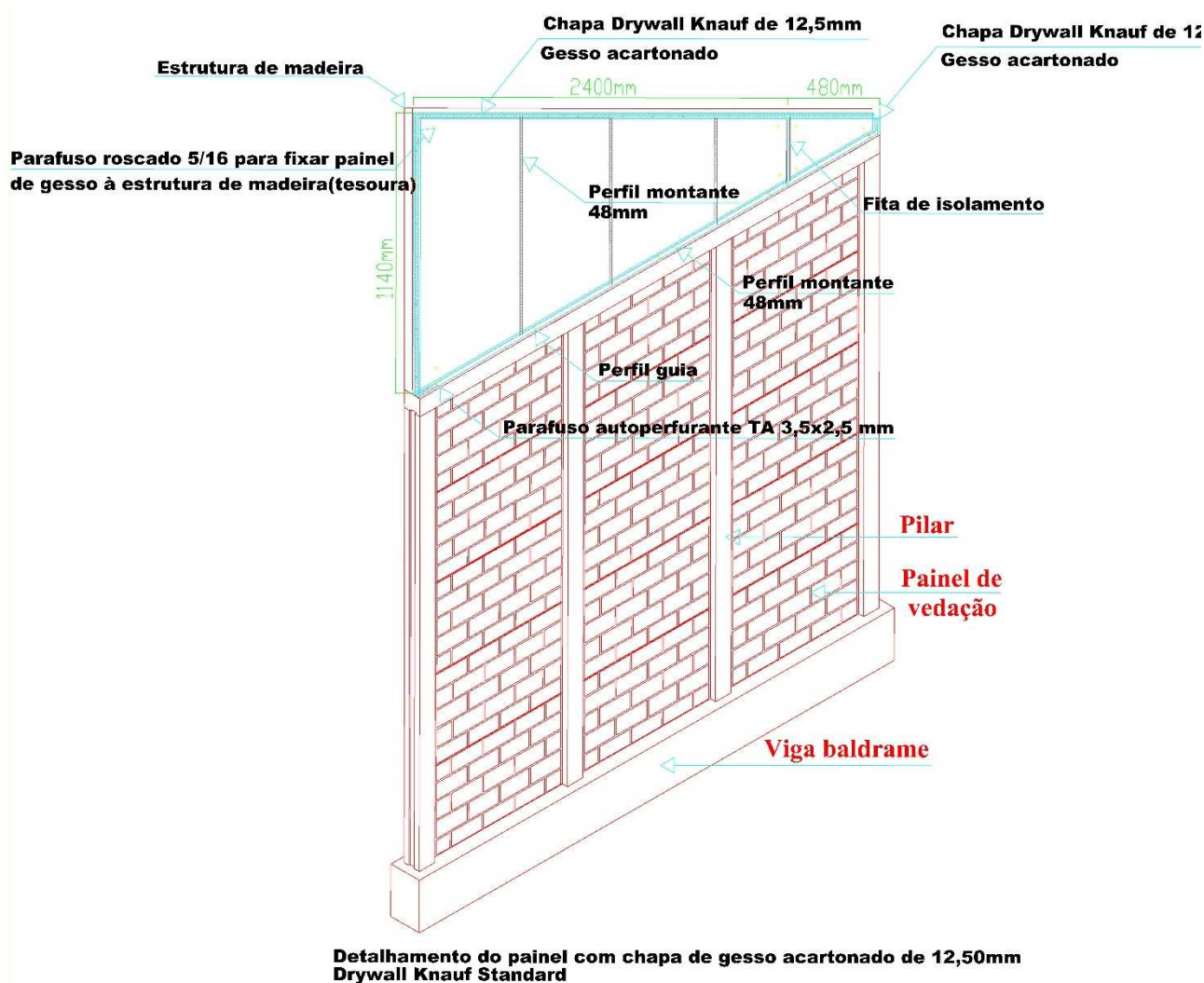


Figura 86 – Detalhe do fechamento do septo.

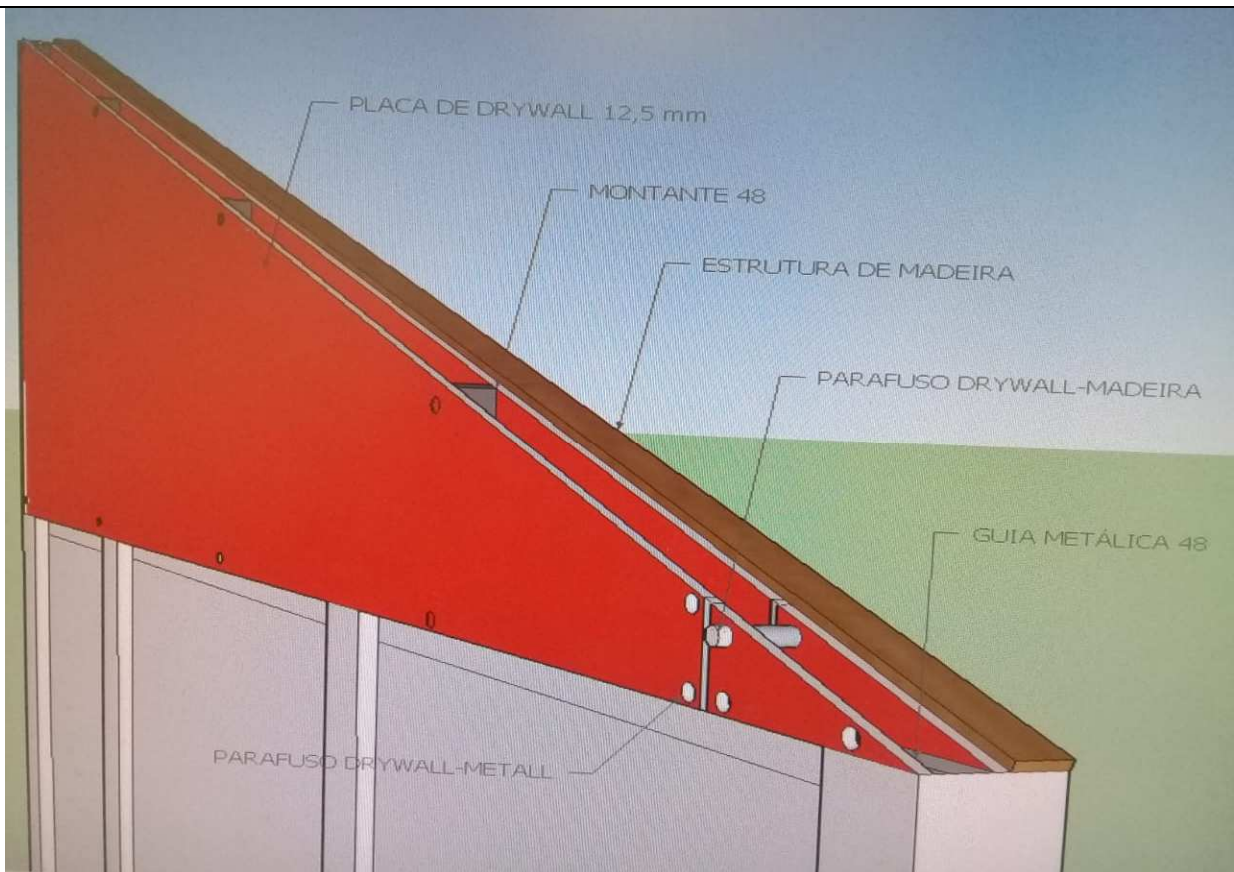


Figura 87 – Detalhe Fixação do septo vertical na tesoura (área face do parede voltada para o ambiente adjacente à cozinha).

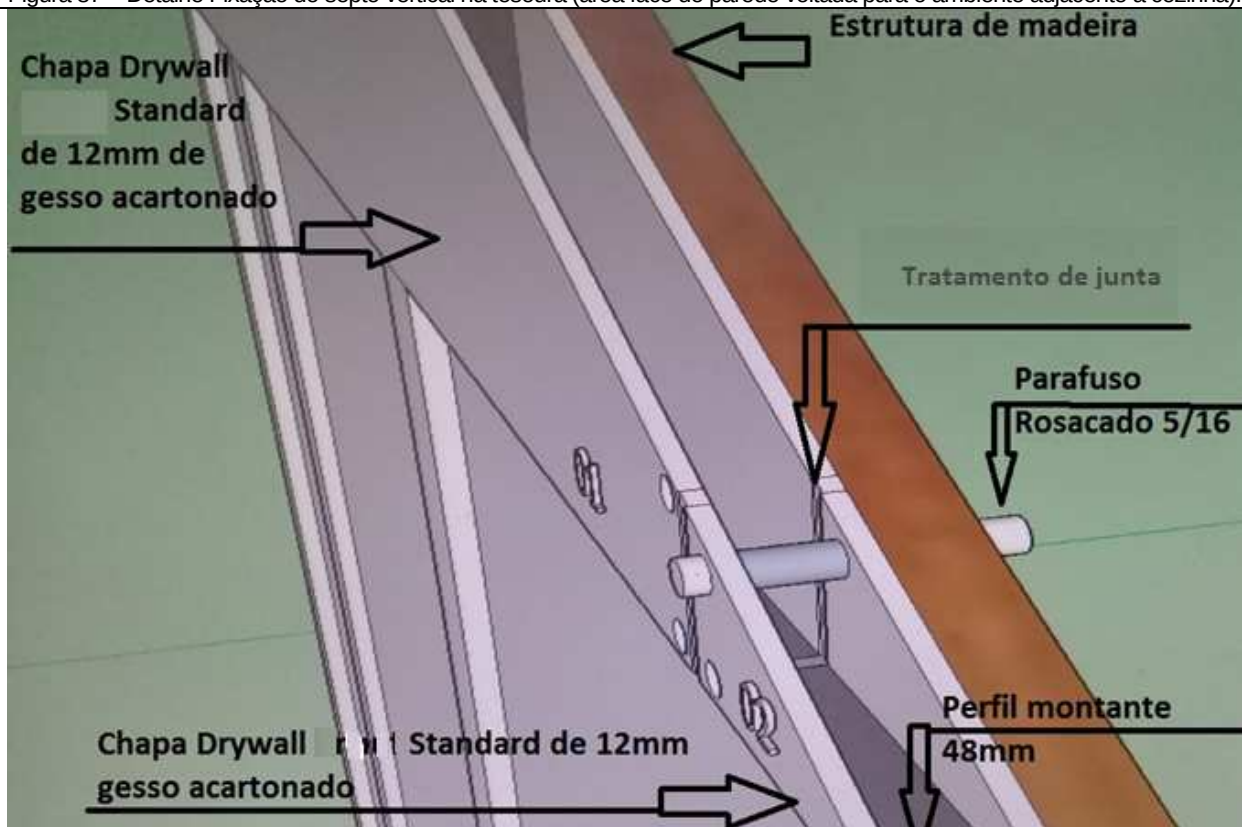


Figura 88 - Detalhe Fixação do septo vertical na tesoura (área face do parede voltada para o ambiente cozinha).

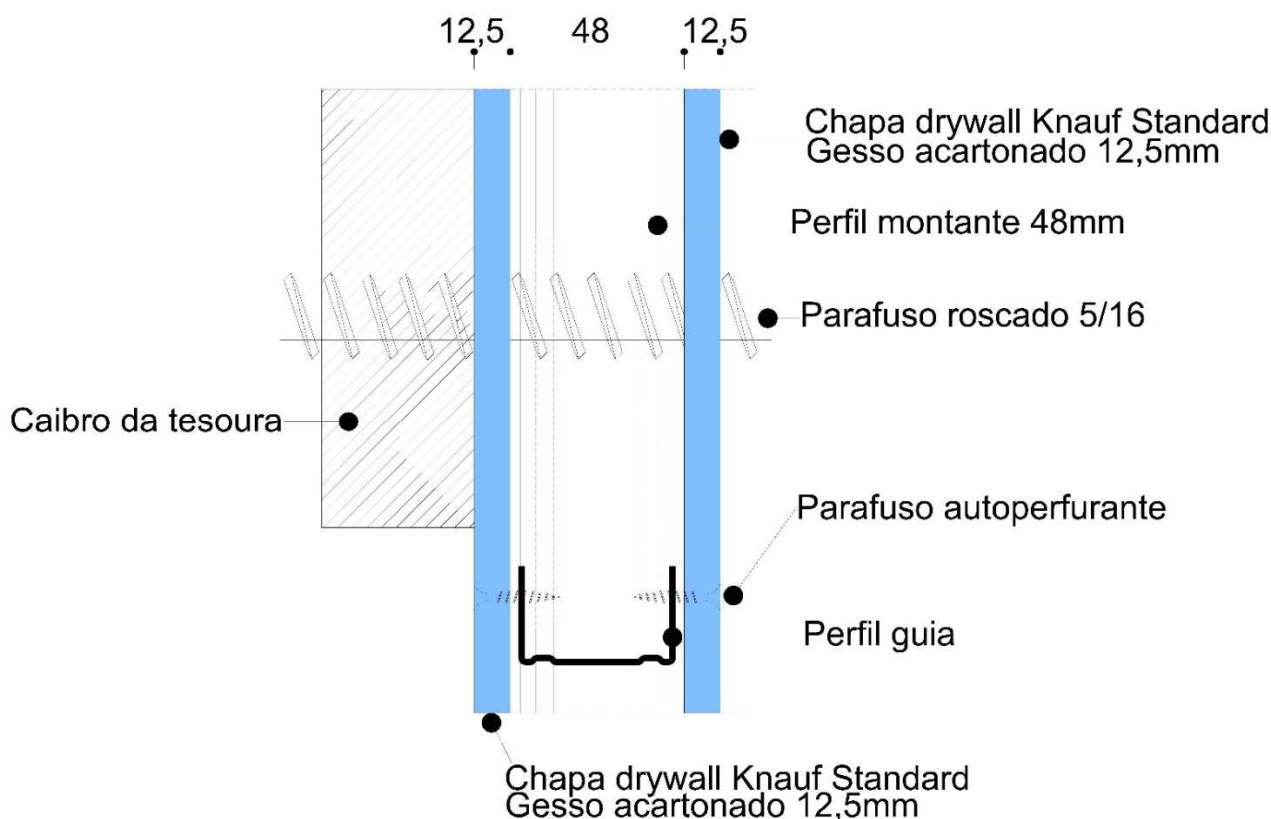


Figura 89 – Corte - Fixação das chapas de *drywall*.

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

O desempenho estrutural do sistema construtivo da Contempla foi avaliado considerando os requisitos de resistência lateral e de estabilidade global, resistência às cargas verticais, resistência a impactos de corpo mole e de corpo duro, resistência a peças suspensas e resistência à solicitação de portas.

As resistências características especificadas para o concreto empregado no sistema de vedação vertical são definidas de acordo conforme abaixo:

- 25MPa: para os painéis de vedação utilizados nos ambientes que conformam a cozinha;
- 30MPa: para os painéis de vedação utilizados nos demais ambientes e nas vigas-cinta;
- 40MPa: para pilares.

4.1.1. Compressão excêntrica – cargas verticais

Foram realizados ensaios laboratoriais para avaliar a resistência às cargas verticais, considerando o estado limite último e o estado limite de serviço, conforme a Diretriz SiNAT N°002 – REV.02. Na Tabela 01 apresenta-se uma síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica.

Tabela 01 - Síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica (trecho de parede)

Corpo de prova ensaiado	Carga do primeiro dano (kN/m)	Carga de ruptura (kN/m)
CP 1	97,8	337,7
CP 2	83,8	312,1
CP 3	97,8	395,6
Média	93,1	348,5

Utilizando-se dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica e considerando a carga atuante de $S_d = 54,95 \text{ kN/m}$, obtida no cálculo estrutural para unidade habitacional térrea isolada, e considerando a equação de resistência última (R_{ud}) apresentada na ABNT NBR 15575-2:2013, (adotando $\xi=1,5$ e $\gamma_m=2,0$), determina-se para compressão excêntrica $R_{ud} = 109,2 \text{ kN/m}$. Assim, as paredes conformadas por, painéis de vedação, pilares e vigas-cinta pré-fabricadas em concreto atendem à solicitação de cargas verticais para o estado limite último.

Verificou-se as condições para ELS, sendo $S_d \leq R_{sd}$ e para ELU, sendo $S_d \leq R_{ud}$, conforme Tabela 02.

Tabela 02 - Síntese dos resultados ELS e ELU.

$S_{d,s}$	R_{sd}	R_{ud}
54,95N/m	68,5kN/m	109,2kN/m

Adicionalmente, foram avaliados em laboratório os elementos dissociados (pilar e ligação viga-cinta/pilar). A síntese dos resultados obtidos nos ensaios de compressão excêntrica para o pilar está apresentada na Tabela 03.

Tabela 03 - Síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica (pilar)

Corpo de prova ensaiado	Carga do primeiro dano (kN)	Carga de ruptura (kN)
CP 1	100,55	157,97
CP 2	108,27	203,31
CP 3	119,59	193,86
Média	109,47	185,04

Utilizando-se dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica e considerando a carga atuante de $S_d = 58,8 \text{ kN}$, obtida no cálculo estrutural para unidade habitacional térrea isolada, e considerando a equação de resistência última (R_{ud}) apresentada na ABNT NBR 15575-2:2013, (adotando $\xi=1,5$ e $\gamma_m=2,0$), determina-se para compressão excêntrica $R_{ud} = 61,98 \text{ kN}$. Assim, as paredes conformadas por painéis de vedação, pilares e vigas-cinta pré-fabricadas em concreto atendem à solicitação de cargas verticais para o estado limite último.

Verificou-se as condições para ELS, sendo $S_d \leq R_{sd}$ e para ELU, sendo $S_d \leq R_{ud}$, conforme Tabela 04.

Tabela 04 - Síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica (pilar)

$S_{d,s}$	R_{sd}	R_{ud}
58,8kN	86,42kN	61,98kN

O deslocamento médio horizontal medido foi de 8,49mm, atendendo ao critério estabelecido na ABNT NBR 15575-2:2013 de $H/300$, ou seja, 10,4mm.

Com relação aos esforços na ligação viga-cinta/pilar, apresenta-se na Tabela 05 a síntese dos resultados obtidos no ensaio laboratorial

Tabela 05 - Síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica (pórtico)

Corpo de prova ensaiado	No sistema			No dispositivo de ligação	
	Carga (kN) 1ª fissura (ELS)	Carga (kN) de ruptura (ELU)	Desl. Vertical (mm)	Deformação específica $\epsilon_{\max}$ ($\mu\text{m/m}$)	Carregamento $\sigma_{\max}$ (MPa)
CP 1	13,30	18,20	22,12	67,06	13,7
CP 2	9,50	13,30	4,12	69,9	14,3
CP 3	16,11	21,40	14,46	60,35	12,4
Média	12,97	17,63	18,29 ^a	65,77	13,46

(a) Não considerado o deslocamento do CP2.

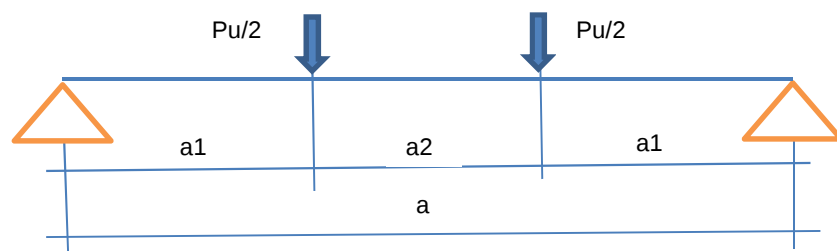
Até a carga de ruptura obtida no ensaio, foi verificada a ausência de fissuras e/ou deformações que denotassem comprometimento da ligação viga-cinta/pilar.

A partir das cargas últimas de ruptura no sistema apresentadas na Tabela 05 e considerando-se o método de cálculo analítico, foram determinados os valores característicos últimos de momento (M_{uk}) e cortante (V_{uk}) da viga-cinta do sistema construtivo, os quais constam da Tabela 06.

Tabela 06 – Valores característicos últimos de momento (M_{uk}) e cortante (V_{uk})

Valores obtidos em ensaio (P_u)	No sistema		
	Carga (kN) de ruptura (ELU)	V_{uk} (kN)	M_{uk} (kN.m)
Menor	13,30	6,65	2,28
Maior	21,4	10,7	3,66

O modelo esquemático para os cálculos característicos de cortante e de momento estão apresentados na Figura 90.



Onde: $a_1=342,66\text{mm}$; $a_2=296,68\text{mm}$; $a=982\text{mm}$

Figura 90 – Esquema de cálculo analítico para V_{uk} e M_{uk} .

A partir do modelo de cálculo para resistência de projeto no estado-limite último (ELU) constante da ABNT NBR 15575-2:2013, os valores últimos de projeto para o momento (Mud) e para a cortante (Vud) da viga-cinta estão apresentados na Tabela 07.

Tabela 07 – Valores característicos últimos de projeto para cortante (Vud) e para momento (Mud)

Vud(kN)	Mud (kN.m)
1,81	1,24

4.1.2. Resistência a impactos de corpo mole e de corpo duro

Foram realizados ensaios para verificação da resistência a impactos de corpo mole e de corpo duro, considerando os pontos mais desfavoráveis do sistema de vedação (união entre painéis).

Os resultados do ensaio de impacto de corpo mole realizado na face externa do painel de vedação (de fora para dentro) indicam que o corpo de prova não apresentou falhas (fissuras, moissas e frestas) e/ou rupturas nos componentes da parede para as energias de 120J a 720J. Os resultados denotam atendimento ao critério estabelecido na Diretriz SiNAT N°002 – REV.02.

Os ensaios de impacto de corpo duro realizados para as paredes externas (fachadas), com as energias de 3,75J e 20J e para as paredes internas, com as energias de 2,5J e 10J, apresentam resultados que denotam atendimento aos critérios estabelecidos na Diretriz SiNAT N°002 – REV.02.

4.1.3. Solicitações transmitidas por portas para as paredes

O ensaio de solicitações transmitidas por portas, considerando fechamento brusco e impacto de corpo mole foi realizado nas portas fixadas entre os pilares pré-fabricados.

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.

4.1.4. Solicitações de cargas de peças suspensas atuantes nas paredes

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 0,8kN. Os ensaios foram realizados na parede do quarto social com espessura de 67mm. Os tipos de dispositivos de fixações empregados nos ensaios foram parafusos metálicos auto atarraxantes fenda simples cabeça oval com diâmetro de 8mm e comprimento de 50mm e buchas plásticas.

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 para verificação do comportamento do próprio painel, das juntas entre painéis, juntas entre painéis e esquadria e juntas entre painéis e pilares. Os ensaios constituíram 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 prescrito pela ABNT NBR 15575-4:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE.

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.

Ambas as faces (externas e internas) dos painéis recebem selador acrílico e pintura de base acrílica. A face interna dos painéis de ambientes de áreas molhadas (banheiro) e molháveis (cozinha, lavabo e área de serviço) recebem revestimento cerâmico.

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

Conclui-se que, o resultado obtido no ensaio laboratorial e nas análises projetuais, o sistema construtivo atende 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), utilizando o software *EnergyPlus* para unidades habitacionais unifamiliares térreas isoladas.

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

- Parede externas: existem dois tipos de configuração: a) cozinhas – painel de vedação em concreto com espessura de 37mm (*), (densidade aproximada de 2.688Kg/m³ (*), condutividade térmica (λ) de 1,75W/(m.K) e capacidade térmica específica (c) de 1,0kJ/kg.K), argamassa de assentamento com 13mm de espessura (densidade aproximada de 2.000Kg/m³(*), condutividade térmica (λ) de 1,75W/(m.K) e capacidade térmica específica (c) 1,0kJ/kg.K) e revestimento cerâmico com 7mm de espessura e dimensões de 400mm x 400mm (densidade aproximada de 1.600Kg/m³, condutividade térmica (λ) de 0,90W/(m.K) e capacidade térmica específica (c) de 0,92kJ/kg.K). Totalizando 57mm de espessura da parede vedação (a). Parede (b): painel de vedação em concreto com espessura de 37mm(*) (densidade aproximadamente de 2.400kg/m³(*), condutividade térmica (λ) de 1,75W/(m.K) e capacidade térmica específica (c) de 1,0kJ/kg.K), argamassa de revestimento nas faces internas com espessura de 15mm (densidade de 2.000kg/m³, condutividade térmica (λ) de 1,15W/(m.K) e capacidade térmica específica (c) de 1,0kJ/kg.K).
- Parede internas: painel de vedação em concreto com espessura de 37mm (*), densidade aproximadamente de 2.688,2kg/m³ (*), condutividade térmica (λ) de 1,75W/(m.K) e capacidade térmica específica de 1,0kJ/kg.K. Argamassa de revestimento em ambas as faces com espessura de 15mm, densidade de 2.000kg/m³, condutividade térmica (λ) de 1,15W/(m.K) e capacidade térmica específica (c) de 1,0kJ/kg.K;
- (*) parede equivalente calculada com as mesmas propriedades dos painéis pré-fabricados considerando a ponderação das propriedades térmicas dos painéis e dos pilares presentes nos elementos pré-fabricados.
- Sistema de cobertura: telha cerâmica com espessura de 10mm, densidade de 1.600kg/m³, condutividade térmica (λ) de 0,90W/(m.K), capacidade térmica específica (c) de 0,92kJ/kg.K e absorvância (α) de 0,7, manta aluminizada (membrana Fresh Foil Super) com espessura de 2,7mm e resistência térmica (R) de 0,001m².K/W e forro de madeira com espessura de 10mm, densidade de 830kg/m³, condutividade térmica (λ) de 0,29W/(m.K) e capacidade térmica específica (c) de 1,34kJ/kg.K;
- Sistema de piso: camada de brita ¾ com 50mm de espessura, contrapiso em concreto com 30mm de espessura (densidade de 2.400kg/m³) e piso cerâmico com 7mm de espessura;

- Janela do dormitório 1 em Madeira com 1,83m x 1,12m/1,00m, composta por caixilho em madeira, com 6 folhas, sendo 4 com veneziana (2 fixas e 2 de correr) e 2 folhas com vidro incolor 3 mm também de correr;
- Janela do dormitório 2 em Madeira com 0,87m x 1,12m/1,00m, composta por caixilho em madeira, com 2 folhas de veneziana de abrir e 2 folhas de vidro incolor 3 mm em guilhotina;
- Janela da sala em Madeira com 1,83m x 1,12m/1,00m, composta por caixilho em madeira, com 6 folhas, sendo 4 com veneziana (2 fixas e 2 de correr) e 2 folhas com vidro incolor 3 mm também de correr;
- Janela da cozinha com tipologia de correr, dimensões de 1830mmx900mm compostas por caixilhos em madeira, com duas folhas de vidro com 3mm de espessura;
- Janela da área de serviço com tipologia de correr, dimensões de 870mmx1120mm compostas por caixilhos em madeira, com duas folhas de vidro com 3mm de espessura;
- Janela do banheiro com tipologia basculante, dimensões de 870mmx600mm compostas por caixilho em madeira, com vidro de 3mm de espessura;
- Pé direito de 2600mm;
- Área útil de 48,32m².

Foram também consideradas as seguintes variáveis:

- Absortância 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 impeça 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);
- 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 08 demonstra as condições de atendimento mínimo aos requisitos para o período de verão e de inverno nos ambientes dormitório 1 e sala.

Tabela 08 – 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	Condição padrão	Com ventilação	Com sombreamento	Com sombreamento e ventilação
1	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura	Clara, média ou escura
2	Não atende	Não atende	Clara	Clara
3	Clara ou média	Clara ou média	Clara ou média	Clara ou média
4	Não atende	Não atende	Não atende	Não atende
5	Clara	Clara	Clara	Clara ou média
6	Não atende	Não atende	Clara	Clara
7	Clara	Clara ou média	Clara ou média	Clara ou média
8	Não atende	Não atende	Clara	Clara

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

Verifica-se que o sistema de vedação vertical atende a Diretriz SiNAT N°002 – REV.02 quanto ao desempenho térmico mínimo, exceto para zona bioclimática 4 e desde que respeitadas as cores de acabamento das paredes de fachada especificadas para cada zona bioclimática e a condição de sombreamento.

4.4. Desempenho acústico

Para avaliação do desempenho acústico do sistema de vedação vertical foram realizados ensaios de campo para verificação do isolamento sonoro ao ruído aéreo de fachada em uma unidade habitacional unifamiliar térrea isolada, localizada em Araranguá/SC.

Descrição e características do ambiente ensaiado:

- Fachada (ambiente de dormitório): o ensaio foi realizado tendo como ambiente receptor o dormitório social com área de 8,07m² e pé direito de 2,60m. As paredes apresentam espessura total de 52mm, sendo constituídas por painéis com 37mm de espessura revestidos somente na face interna em argamassa com 15mm de espessura. Apresenta porta em madeira, piso com revestimento cerâmico e janela (conforme descrição abaixo);
- A janela é do tipo guilhotina em madeira, com duas folhas com vidro de 3mm de espessura e duas folhas de venezianas de abrir (área de 870mm x 1120mm). Os marcos laterais das janelas são produzidos com régua que exercem a função de encaixe, do tipo macho, fixado junto a reentrância do pilar. As laterais superiores e inferiores preveem reentrâncias do tipo fêmea para encaixe dos painéis de vedação. O assentamento das janelas é feito com espuma expansiva de poliuretano e a vedação entre a esquadria e os elementos de concreto (pilares e placas), é realizada com selante PU (selante elástico de poliuretano monocomponente).
- Sistema de cobertura: o sistema de cobertura é convencional e compreende estrutura em madeira conformando ático com altura máxima de 1450mm, telha cerâmica, manta aluminizada, forro em régua de madeira e beiral com projeção horizontal de 600mm;

A Tabela 09 apresenta a síntese dos resultados obtidos nos ensaios de campo.

Tabela 09 – Síntese dos resultados obtidos em ensaio de campo (dB)

Elemento	Critério de desempenho para ensaios de campo (ABNT NBR 15575:2013) (dB)	Valor determinado em ensaio de campo (dB)
Parede de fachada (ambiente de dormitório) ($D_{2m,nT,w}$)	≥ 30	31

O ensaio de campo realizado na unidade habitacional em Araranguá/SC, demonstra que, do ponto de vista do desempenho acústico, o sistema construtivo enquadra-se na classe de ruído III, conforme critério estabelecido na ABNT NBR 15575-4:2013. Os valores obtidos no ensaio referem-se exclusivamente a unidade avaliada nas condições descritas.

Ressalta-se que as esquadrias utilizadas em fachadas devem ter valores adequados de R_w , de modo a atender o critério normativo e que o sistema de cobertura deve apresentar isolamento sonora compatível com a fachada da edificação.

4.5. Durabilidade e Manutenibilidade

Para a durabilidade dos painéis de vedação sem função estrutural pré-fabricados em concreto 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. Os painéis de vedação enquadram-se na classe de concreto C30 ($f_{ck} \geq 30\text{MPa}$, relação água/cimento $\leq 0,55$ e consumo mínimo de cimento $\geq 320\text{kg/m}^3$).

Os painéis de vedação 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 (dh) inferior a 7mm.

A manutenibilidade dos painéis de parede que compõem a edificação deve ser prevista no manual técnico de uso, operação e manutenção. Nele devem constar 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 (conforme as *built*) das instalações hidráulicas e elétricas e respectivas formas de inspeções e manutenções. O Manual de Uso, Operação e Manutenção, deve ser 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.

As esquadrias são instaladas nos painéis de parede da edificação e possuem VUP ≥ 20 anos e o sistema de vedação vertical externa VUP ≥ 40 anos. As esquadrias são desmontáveis, sendo assim, manuteníveis sem a necessidade de quebra, substituição ou danos no painel de parede. O procedimento para substituição das esquadrias está descrito no Manual de Uso, Operação e Manutenção da Contempla em conformidade com o item 14.3.2 – Critério – Facilidade ou meios de acesso ABNT NBR 15575:1.

As instalações hidráulicas possuem VUP ≥ 20 anos e são instaladas sob o reboco dos painéis, portanto manuteníveis sem que haja dano ou quebra dos painéis de vedação.

4.6. Segurança ao fogo

Os painéis de vedação sem função estrutural pré-fabricados em concreto 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.

Conforme Diretriz SiNAT N°002 – REV.02, no caso de unidades habitacionais unifamiliares térreas isoladas, exige-se resistência ao fogo pelo período de 30 minutos para as paredes que conformam o ambiente da cozinha. Para tal, os painéis que conformam o ambiente da cozinha possuem dimensões de 900mm de comprimento, 510mm de largura e 62mm de espessura. O concreto especificado possui adição de microfibras de polipropileno e resistência característica à compressão de 25MPa (aos 28 dias).

Foi realizado ensaio laboratorial de resistência ao fogo em corpo de prova constituído de 4 pilares com aplicação de carga de serviço de 950kg por pilar. Os resultados obtidos demonstram que os painéis de vedação sem função estrutural apresentam resistência ao fogo, no grau corta-fogo, pelo período de 30 minutos.

Verifica-se que os painéis pré-fabricados sem função estrutural atendem ao critério estabelecido na Diretriz SiNAT N°002 – REV.02 quanto à segurança contra incêndio para unidades habitacionais unifamiliares térreas isoladas. Vale ressaltar que a empresa Contempla 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.

Considerando-se a utilização de forro não resistente ao fogo na área da cozinha, entre as paredes da cozinha e ambientes adjacentes, devem ser previstos septos verticais compostos pela elevação da própria parede até o nível do telhado ou por elementos que possuam resistência ao fogo por um período de 30 minutos, com o objetivo de confinar o incêndio no ambiente de origem. No caso em questão, adotou-se septos com duas chapas de gesso para *drywall* do tipo *Standard*, com espessura de 12,5mm e tratamento de juntas entre placas com aplicação de fita de papel microperfurado com massa de gesso, conforme norma ABNT NBR 15758-1(ver item 3.2.4, alínea j).

Ressalta-se que o projeto de cada empreendimento deve considerar as exigências de segurança contra incêndio contempladas em normas e regulamentações, em níveis municipal, estadual e federal.

5. Controle da qualidade

A Contempla Engenharia e Empreendimentos Ltda. deve manter controles necessários para a qualidade da execução de obras de unidades habitacionais unifamiliares térreas isoladas. Os controles são fundamentados por documentações técnicas que compreendem:

- Recebimento e aceitação de materiais e componentes utilizados em obra, tais como: cimento, areia, brita, aço, painéis de vedação, pilares e vigas pré-fabricados. Ressalta-se que para fins de auditoria técnica, é indispensável a disponibilização do controle do concreto na unidade fabril e em obra, isto é, dados referentes ao ensaio de abatimento (*slump*) para a verificação da consistência do concreto e dados referentes ao ensaio de resistência à compressão axial na idade de desforma (48 horas com $f_{c,48h}$ de 5MPa) e aos 28 dias painéis ($f_{c,28}$ de 30MPa e $f_{c,28}$ 25MPa), pilares ($f_{c,28}$ 40MPa).
- Sequência e verificação das etapas de obra, tais como: locação da obra, compactação de aterro e execução de contra piso, montagem da estrutura, execução do sistema de cobertura, execução das vigas baldrame, execução do reboco, assentamento do revestimento cerâmico, execução das instalações hidro-sanitárias e elétricas, instalação de esquadrias, instalação de forro, instalação de louças e bancadas e pintura.
- Recomenda-se que as etapas de montagem do sistema de parede sejam verificadas, destacando-se: locação dos pilares, transporte, ligação entre painel e o elemento de fundação, ligação entre painéis, ligação entre painel e cinta de amarração, travamento e escoramento dos painéis de parede (cunhas de madeira), tratamento das juntas, verificação do alinhamento e prumo, verificação das dimensões dos vãos destinados às esquadrias e dos ambientes, interface entre painel e esquadrias e identificação dos painéis com 62mm de espessura para a correta destinação (ambiente de cozinha).
- O proponente deve manter controles na unidade fabril, tais como: recebimento de materiais, produção dos painéis de vedação, dos pilares e vigas pré-fabricados, estocagem (materiais e elementos pré-fabricados), transporte interno e até o local da obra e controle tecnológico do concreto.
- 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.
- O controle de eventuais patologias ou reparos pós-ocupação deve ser evidenciado pelo proponente, acompanhado dos procedimentos e ações pertinentes, atendendo aos prazos de garantia.
- O comportamento das juntas entre painéis e fundação, painéis e pilares e painéis e sistema de cobertura deve ser objeto de monitoramento constante pelo proponente da tecnologia, em razão da limitação de se avaliar tal comportamento ao longo do tempo.

Durante o período de validade deste DATec serão realizadas auditorias técnicas a cada seis meses para verificação dos controles realizados pela Contempla Engenharia no processo de produção e no produto final, na montagem em obra e em obras habitadas.

6. Fontes de informação

As principais fontes de informação são os documentos técnicos da empresa e os relatórios técnicos e de ensaios do sistema de vedação vertical.

6.1. Documentos da empresa

- Projetos e detalhamentos executivos arquitetônicos, estruturais, instalações de hidráulica e de elétrica, produção e montagem;
- Memorial descritivo do processo de fabricação – Rev. 07;
- Memorial descritivo do processo de montagem – Rev. 09;
- Memória de Cálculo Estrutural e Anotação de Responsabilidade Técnica;
- Instruções de trabalho e fichas de controle;
- Certificado SiAC – PBQP-H – Nível A;
- Manual de uso, operação e manutenção (Manual do proprietário).

6.2. Relatórios Técnicos e Relatórios de Ensaio

- Relatório Técnico de Avaliação N°02/2017 Rev.1 – IFBQ;
- Relatório de Auditoria Técnica N°03/2017 Rev. 1 – IFBQ;
- Relatório de Auditoria Técnica N°06/2019 - 1ª Auditoria de Manutenção do DATec N° 036;
- Relatório de Auditoria Técnica N°12/2019 - 2ª Auditoria de Manutenção do DATec N° 036;
- Relatório de Auditoria Técnica N°04/2020 - 3ª Auditoria de Manutenção do DATec N° 036;
- Relatório de ensaio N° CON/255.792/13 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensaio de caracterização do agregado miúdo – areia média);
- Relatório de ensaio N° CON/242.475/13 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensaio de caracterização do agregado graúdo – brita 1);
- Relatório de ensaio N° CON/256.090/13 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Reatividade álcali-agregado - Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado do agregado miúdo – areia média);
- Relatório de ensaio N° CON/242.553/13 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Reatividade álcali-agregado - Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado do agregado graúdo – brita 1);
- Relatórios de Ensaios – Determinação da resistência à compressão do concreto nas idades de: 24h, 48h, 3 dias, 7 dias, 14 dias e 28 dias.
- Relatório de ensaio N° 537-17 – Qualify - Laboratório de Concreto, Materiais e Solos. (Concreto com fibras 40MPa - determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica);
- Relatório de ensaio N° 538-17 – Qualify - Laboratório de Concreto, Materiais e Solos. (Concreto 40MPa - determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica);
- Relatório de ensaio N° 539-17 – Qualify - Laboratório de Concreto, Materiais e Solos. (Concreto com fibras 30MPa - determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica);
- Relatório de ensaio N° 540 -17 – Qualify - Laboratório de Concreto, Materiais e Solos. (Concreto 30MPa - determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica);
- Relatório de ensaio N° 541-17 – Qualify - Laboratório de Concreto, Materiais e Solos. (Concreto com fibras 25MPa - determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica);
- Relatório de ensaio N° 542-17 – Qualify - Laboratório de Concreto, Materiais e Solos. (Concreto 20MPa - determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica);
- Fichas técnicas do desmoldante Oleomix 35_Tecnomor.
- Relatório de Ensaio N° REV/286.117/2/A/15 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensaio de resistência a impactos de corpo mole e corpo duro);
- Relatório de Ensaio N° REV/286.117/3/A/15 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensaio de solicitações transmitidas por portas para as paredes);

- Relatório de Ensaio N° REV/286.117/1/A/15 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensaio de solicitações de cargas de peças suspensas atuantes nos painéis de parede);
- Relatório de Ensaio N° 1 068 124-203 – Laboratório de Segurança ao Fogo e Explosões/CETAC – IPT (Ensaio de verificação da resistência ao fogo em parede com função estrutural);
- Relatório de Ensaio N° CCC/266.575/13 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensaio de estanqueidade na interface entre parede e janela);
- Relatório de Ensaio N° LPC/L-261.109/15 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensaio de verificação da estanqueidade do painel de parede com junta e resistência ao choque térmico e de aderência do revestimento);
- Relatório Técnico - Avaliação do desempenho térmico de Residência Unifamiliar com paredes em concreto armado e telhas cerâmicas para as Zonas Bioclimáticas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.
- Relatório de Ensaio N° ENO/308.710/1/18 – L.A. Falcão Bauer (Ensaio de isolamento sonoro em sistema de vedação vertical em paredes externas);
- Relatório de Ensaio N° 95833 – Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC – UFSM (Ensaio de verificação do índice de redução sonora ponderado (Rw) de parede cega (fachada));
- Relatório Técnico N° 143 342-205 – Centro de Tecnologia de Obras de Infraestrutura – CT-OBRAS/SEE – IPT (Ensaio de compressão excêntrica de painéis de parede constituídos por elementos pré-moldados de concreto);
- Relatório N° 2314/2018 – Ensaio de compressão excêntrica em pórtico – ITT Performance – Universidade do Rio dos Sinos;
- Relatório N° 2315/2018 – Ensaio de compressão excêntrica em pilar – ITT Performance – Universidade do Rio dos Sinos.

6.3 Relatórios de Auditoria

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;
- b) 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;
- c) o Proponente deve produzir o produto de acordo com as especificações, normas e regulamentos aplicáveis, incluindo as diretrizes SiNAT;
- d) 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;
- e) 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, Contempla Engenharia e Empreendimentos 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, 15 de março de 2021.