

 <p>Rua Aquinos, 111 Água Branca 05036-070 - São Paulo/SP Tel/Fax (11) 3611-0833 www.ifbq.com.br inovacons@falcaobauer.com.br</p>	<p>Produto Painéis estruturais pré-moldados Casa Express, mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas – Tipo A</p> <p>Proponente Casa Express Construções e Empreendimentos Imobiliários Ltda. Av. João Ferrari, 603, Bairro Della Rocha IV. CEP: 13976-218 – Itapira – São Paulo Tel.: (19) 3863-6778 – www.casaexpress.ind.br</p>	 SINAT
<p>Emissão outubro de 2016 Validade setembro de 2018</p>	<p><i>Considerando a avaliação técnica coordenada pelo Instituto Falcão Bauer da Qualidade, IFBQ, e a decisão do Comitê Técnico, de 29/09/2016, a Comissão Nacional, em sua reunião de 10/10/2016, resolveu conceder a Casa Express – “Painéis estruturais pré-moldados Casa Express, mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas – Tipo A” o Documento de Avaliação Técnica Nº023-A. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o os painéis de parede, destinado à construção de unidades habitacionais unifamiliares térreas, sobrados e casas sobrepostas isoladas e/ou geminadas e edifícios habitacionais multifamiliares de até dois pavimentos (térreo + 1 pavimento) e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.</i></p>	<p>DATec Nº023-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 paredes 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 7000mm e a altura dos painéis é equivalente ao pé-direito de projeto. Não são permitidas modificações em paredes, tais como: abertura 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; • A avaliação foi realizada considerando o emprego dos painéis de paredes em unidades habitacionais unifamiliares térreas, sobrados e casas sobrepostas isoladas e/ou geminadas e edifícios habitacionais multifamiliares de até dois pavimentos (térreo + 1 pavimento), desde que as lajes de piso intermediárias atendam a normalização brasileira e que sejam respeitadas as cargas atuantes nos painéis consideradas nessa avaliação; • 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. A estanqueidade à água das janelas não foi avaliada; • O desempenho térmico foi avaliado para as oito zonas bioclimáticas, constantes da ABNT NBR 15220-3, considerando os projetos das tipologias de unidades habitacionais térreas, sobrados, casas sobrepostas isoladas e/ou geminadas e edifícios multifamiliares de até dois pavimentos (térreo + 1 pavimento) e os sistemas de cobertura descritos no item 4.3 deste documento; • As avaliações de desempenho acústico foram realizadas em campo considerando a isolamento sonora das paredes de fachada, das paredes de geminação e do conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall. Os resultados obtidos restringem-se somente às medições efetuadas em protótipo localizado no município de Itapira/SP. Foram realizados ensaios em laboratório para verificar o índice de isolamento sonora (R_w) dos painéis de parede cegos com espessuras de 115mm e de 165mm; • 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; • O comportamento das juntas entre painéis e entre painéis e lajes devem 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 produto denominado “Painéis estruturais pré-moldados Casa Express, mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas – Tipo A” é constituído por painéis estruturais mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas com espessuras de 115mm, utilizados nas paredes internas e externas, e de 165mm, utilizados nas paredes de geminação entre unidades habitacionais e para paredes entre unidades habitacionais e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como *home theater*, sala de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas. O comprimento máximo dos painéis é de 7000mm e a altura é equivalente ao pé direito de projeto.

Os painéis de parede podem ser empregados em unidades habitacionais unifamiliares térreas, sobrados, casas sobrepostas isoladas e/ou geminadas e em edifícios multifamiliares de até dois pavimentos (térreo + 1 pavimento).

A produção dos painéis é realizada em unidade fabril (fixa ou junto ao canteiro de obra). 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. Estes 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 painéis 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*.

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. 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 Casa Express. 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 zonas bioclimáticas de Z1 a Z8, apresentada no item 4.3 deste documento.

2. Diretriz para avaliação técnica

O IFBQ realizou a avaliação técnica de acordo com a DIRETRIZ SiNAT N°002 – Rev.02 – 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 pré-moldados mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas, com função estrutural.

a) Concreto: concreto com massa específica da ordem de 2400kg/m³ e resistência característica à compressão de 25MPa (aos 28 dias), Classe C25, quando utilizado para emprego em regiões com classe de agressividade ambiental I e II (rural e urbana, respectivamente), relação água/cimento menor que 0,60. Nas regiões de agressividade ambiental III (marinha), utiliza-se concreto armado com resistência característica a compressão maior que 30MPa, Classe C30, relação água/ cimento menor que 0,55. A resistência mínima do concreto especificada para a

desenforma (48h após a concretagem) é de 10MPa. A classe de consistência S100 (abatimento - A, $100\text{mm} \leq A < 160\text{mm}$, conforme ABNT NBR 8953).

b) **Argamassa:** argamassa de cimento e areia fina, no traço 1:3 (1 volume de cimento: 3 volumes de areia). Esse traço pode sofrer ajustes em função do cimento e agregado utilizado em cada obra. É adicionada água para tornar a consistência da argamassa fluida o suficiente para aplica-la sobre a superfície.

c) **Lajotas cerâmicas:** são vazadas e possuem dimensões de 300mm de comprimento, 300mm de largura e 85mm de altura e rebaixo lateral com 35mm de comprimento, 300mm de largura e 30mm de altura (Figura 01). Também são utilizadas meia lajotas com 150mm de comprimento. As lajotas cerâmicas apresentam resistência à compressão, massa específica e absorção de água conforme ABNT NBR 15270-1.

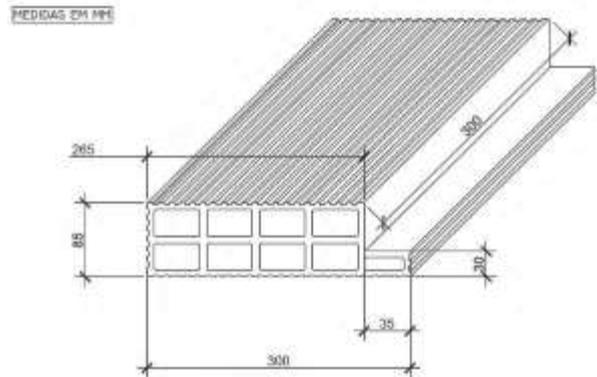
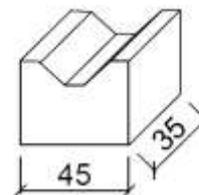
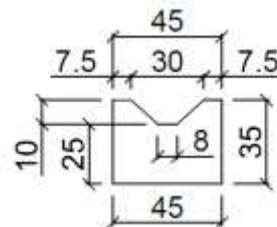


Figura 01 – Detalhe da lajota cerâmica.

d) **Armaduras:** malha composta por fios de aço CA-60 e $\varnothing 4,2\text{mm}$. O espaçamento máximo entre os fios de aço distribuídos na horizontal e na vertical é de 650mm.

e) **Espaçadores:** podem ser de argamassa, cerâmico ou em poliestireno - EPS (Figura 02), de modo a providenciar cobertura de 40mm para a malha de aço inferior e cobertura de 31,6mm para a malha de aço superior, atendendo o cobertura mínimo do aço pelo concreto, conforme especificado na norma ABNT NBR 6118. São posicionados entre as lajotas cerâmicas e sobre o rebaixo da lajota cerâmica.



(medidas em mm)

Figura 02 – Detalhe do espaçador de argamassa, cerâmico ou EPS.

f) **Armaduras de reforço para esquadrias:** treliças metálicas do tipo TR 8644 (altura de 80mm; $\varnothing 6\text{mm}$ para o fio superior; $\varnothing 4,2\text{mm}$ para o fio da diagonal e para os fios inferiores) junto às laterais verticais dos marcos das esquadrias. Fios de aço CA-50 e $\varnothing 8\text{mm}$ junto às laterais horizontais (vergas e contravergas) das esquadrias. No caso das edificações com mais de um pavimento, o reforço na região das vergas e contravergas do pavimento térreo é de no mínimo duas barras de aço CA-50 e $\varnothing 8\text{mm}$.

g) **Armaduras de reforço para painéis com comprimento maior que 4000mm:** treliça metálica tipo TR8644 (altura de 80mm; $\varnothing 6\text{mm}$ para o fio superior; $\varnothing 4,2\text{mm}$ para o fio da diagonal e para os fios inferiores) ou duas barras retas de aço CA-50 e $\varnothing 8\text{mm}$ alocadas na metade do comprimento dos painéis e dispostas no sentido da altura do painel.

h) **Barras de soldagem:** em barras de aço CA-25 e $\varnothing 10\text{mm}$ e espaçamento conforme o especificado no projeto de produção de cada painel.

i) **Alças para içamento:** alça composta de barras de aço CA-25 e $\varnothing 8\text{mm}$, $\varnothing 10\text{mm}$ ou $\varnothing 12,5\text{mm}$, conforme projeto específico; e reforço em barra de aço CA-50 e $\varnothing 6,3\text{mm}$ ou $\varnothing 8\text{mm}$, posicionada conforme projeto específico e soldada junto às alças de içamento.

3.2. Procedimento de execução

O processo de produção dos painéis de parede é industrializado, executado em unidade fabril em linha de produção, armazenados e transportados à obra.

Todos os materiais recebidos e elementos (painéis de parede) produzidos em fábrica são identificados para permitir a rastreabilidade e posicionamento de montagem na obra. Ressalta-se que esses elementos são previamente inspecionados com relação ao atendimento de projeto e

requisitos estabelecidos no sistema da garantia da qualidade da Casa Express, para posterior liberação de montagem em obra.

3.2.1. Produção dos painéis de parede

Os painéis são produzidos em pista de concreto, sendo a moldagem realizada na posição horizontal. A sequência de atividades para a produção dos painéis pré-moldados com espessura de 115mm é:

- a) **Preparação das fôrmas:** as fôrmas metálicas são dos tipos removível ou fixa. As dimensões, esquadro e posicionamento das aberturas das esquadrias são conferidos previamente à colocação das chapas metálicas auxiliares para içamento e das cantoneiras metálicas para posicionamento das barras de soldagem.
- b) **Aplicação do desmoldante:** é aplicado em todos os elementos metálicos (fôrmas, galgas, chapas e cantoneiras) desmoldante a base de óleo mineral com o auxílio de pulverizador manual. Na pista de concreto é aplicado desmoldante a base de hidrocarbonetos parafínicos com o auxílio de rolo de espuma.
- c) **Lançamento da primeira camada de concreto:** previamente ao lançamento da primeira camada de concreto, são posicionadas as galgas metálicas com 15mm de altura (utilizada como referência de nivelamento da primeira camada de concreto), o conjunto formado por chapas metálicas retas e chapas metálicas dobradas (utilizadas para definição do rebaixo da face do painel voltada para a pista de concreto) e as chapas metálicas para conformação dos frisos verticais (Figura 03). Em seguida é realizado o lançamento da primeira camada de concreto e o adensamento com régua vibratória (Figura 04).



Figura 03 – Posicionamento da galga e do conjunto formado por chapas metálicas retas e chapas metálicas dobradas e chapas metálicas para conformação dos frisos verticais.



Figura 04 – Adensamento da primeira camada de concreto com régua vibratória.

- d) **Posicionamento das armaduras de reforço:** são posicionadas as treliças metálicas, fios de aço, alças de içamento e barras de soldagem conforme especificado no projeto de produção de cada painel (Figuras 05, 06 e 07), sobre os espaçadores permitindo o cobrimento das armaduras pelo concreto.



Figura 05 – Posicionamento das treliças metálicas e barras de aço retas (vergas e contra vergas).



Figura 06 – Posicionamento das barras de soldagem.

- e) **Posicionamento das lajotas cerâmicas:** as lajotas cerâmicas são previamente imersas em água e assentadas sobre a camada de concreto conforme o projeto de produção de cada painel (Figura 08). O espaçamento mínimo entre lajotas é de 50mm, tanto no sentido vertical quanto no sentido horizontal.



Figura 07 – Posicionamento das alças de içamento.



Figura 08 – Posicionamento das lajotas cerâmicas.

- f) **Posicionamento das instalações elétricas:** as instalações elétricas são posicionadas de acordo com o projeto de produção de cada painel.
- g) **Posicionamento das armaduras:** a malha inferior é composta de armaduras verticais (posicionadas paralelamente aos rebaxos das lajotas cerâmicas e entre lajotas cerâmicas) e de armaduras horizontais (posicionadas sobre a armadura vertical). A malha superior é composta de armaduras verticais (posicionadas paralelamente e sobre os rebaxos das lajotas cerâmicas) e de armaduras horizontais (posicionadas sobre a armadura vertical) (Figura 09). Os espaçadores são posicionados nas armaduras verticais inferiores (cobrimento de 40mm) e superiores (cobrimento de 31,6mm). Os detalhes estão apresentado na Figura 14.



Figura 09 – Posicionamento das malhas superiores e inferiores das armaduras.

- h) **Lançamento da segunda camada de concreto:** a segunda camada de concreto é aplicada preenchendo todos os vãos entre as lajotas cerâmicas e entre as lajotas cerâmicas e o quadro externo do painel, além da superfície remanescente com 10mm de espessura (Figura 10). Em seguida é realizado o sarrafeamento para nivelamento da camada até o topo da fôrma e o frisamento dos requadros do painel conforme especificado no projeto de produção (Figura 11).



Figura 10 – Lançamento da segunda camada de concreto.

Figura 11 – Sarrafeamento da segunda camada de concreto.

- i) **Painéis de paredes hidráulicas:** as tubulações hidráulicas são posicionadas após o lançamento da segunda camada de concreto dos painéis com 110mm de espessura (classe de agressividade ambiental I e II) e com 115mm de espessura (classe de agressividade ambiental III) com comprimento máximo de 2000mm, sendo, na sequência, lançada a terceira camada de concreto de 60mm de espessura com f_{ck} de 10MPa (Figura 12). As tubulações de hidráulica também podem ser instaladas em nichos, reforçados com aço CA60 Ø4,2mm (Figura 13). Para os painéis estruturais com mais de 2000mm de comprimento as instalações das tubulações hidráulicas são realizadas por meio de shafts.



Figura 12 – Posicionamento das tubulações hidráulicas e lançamento da terceira camada de concreto (f_{ck} 10MPa) em painel de parede hidráulica.



Figura 13 – Nicho com reforço para instalação de tubulação hidráulica (painel de parede hidráulica).

- j) **Aplicação da argamassa de acabamento:** após duas horas da execução do sarrafeamento é aplicada camada de argamassa de acabamento com 5mm de espessura, na face do painel que ficará voltada para o interior da edificação. Posteriormente, a camada de argamassa é desempenada com auxílio de desempenadeira, brocha e espuma.

A Figura 14 apresenta o corte ilustrativo do painel de parede com espessura de 115mm.

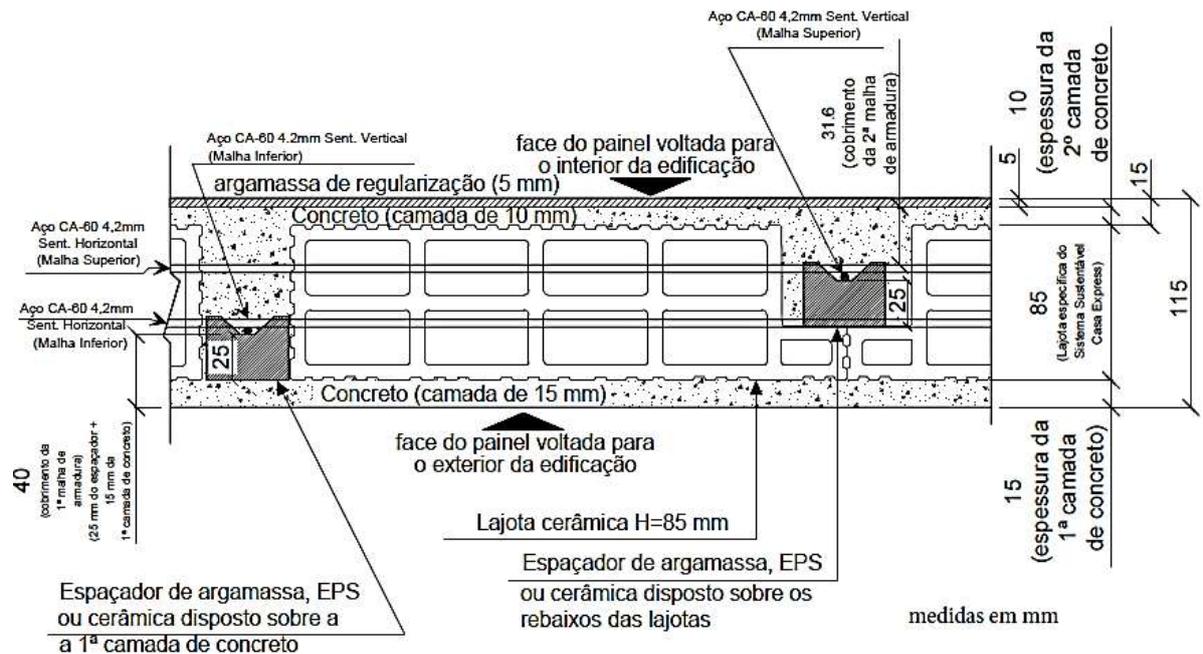


Figura 14 – Seção do painel com 115mm de espessura (regiões de classe ambiental I e II).

Nas paredes aplicadas em regiões de classe ambiental III, a segunda camada de concreto armado possui espessura de 15mm, e não é aplicada a camada de argamassa de acabamento (Figura 15).

Os projetos que contemplam paredes de geminação de unidades distintas e paredes entre unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como home theater, sala de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas, a espessura do painel é de 165mm. A sequência de moldagem do painel é a mesma para os painéis com 115mm de espessura, acrescida de terceira camada de concreto com 45mm de espessura e resistência à compressão mínima de 10MPa e camada de argamassa de acabamento com 5mm de espessura (Figura 16).

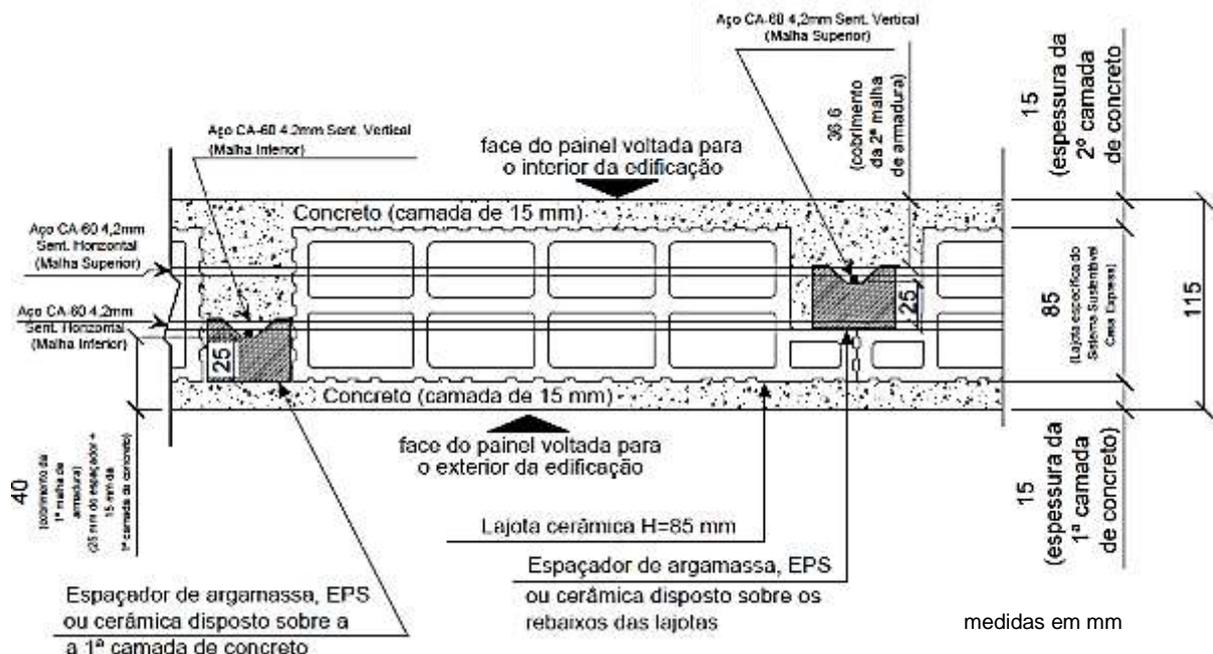


Figura 15 – Seção do painel com 115mm de espessura (regiões de classe ambiental III).

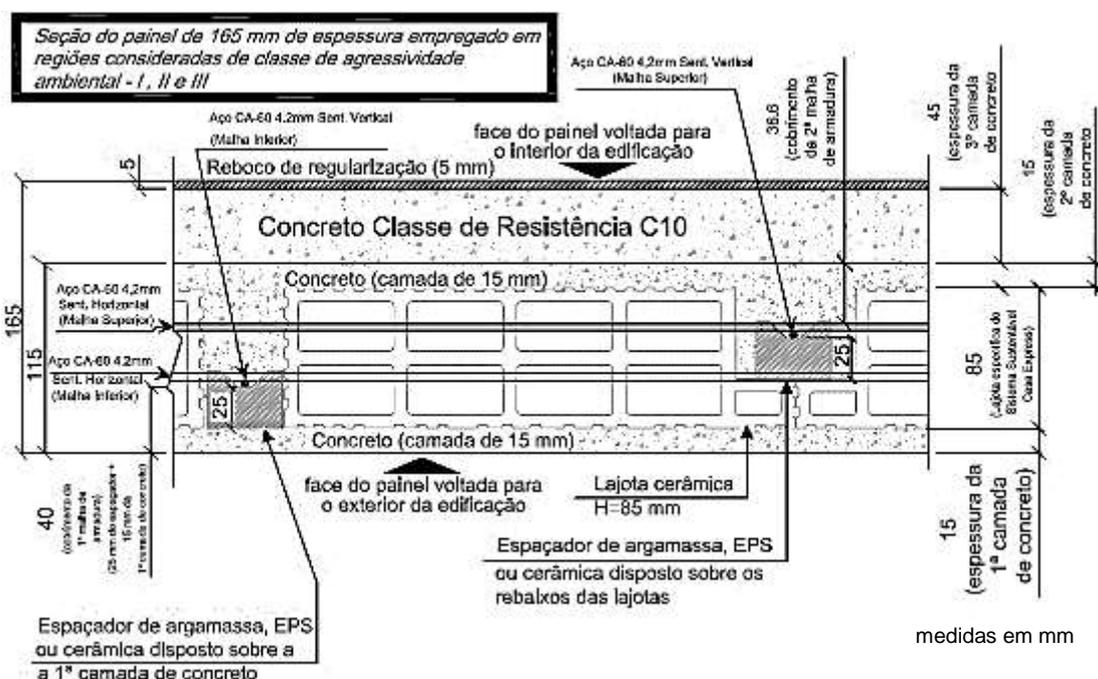


Figura 16 – Seção do painel com 165mm de espessura.

- k) Processo de cura e desenforma:** o processo de cura dos painéis é realizado por meio de cura úmida (aspersão de água), por um período de 24 horas. Os painéis são identificados, vistoriados e somente liberados para içamento quando a resistência mínima à compressão do concreto atender ao especificado de 10MPa após 48 horas da concretagem.
- l) Içamento, estocagem e transporte:** o içamento é realizado por meio de ganchos do dispositivo de içamento e o transporte pode ser realizado por meio de guincho, ponte rolante ou guindaste. Com o painel na posição vertical é realizada inspeção visual e liberação mediante ficha de verificação de serviço. Os painéis podem ser transportados diretamente ao local definitivo ou estocados na posição vertical.

3.2.2. Processo de montagem em obra

A montagem dos painéis pré-moldados é realizada sobre fundações concebidas de acordo com projeto executivo específico.

- a) Posicionamento dos painéis sobre a fundação:** para o posicionamento dos painéis de parede, a fundação é previamente demarcada, sendo, posteriormente, descarregados em seu local definitivo. São apoiados sobre peças em ferro fundido, em formato L ou T e calçados por meio de “canelas” parafusadas junto às peças em ferro fundido (Figura 17). O travamento dos painéis junto às “canelas” é realizado por meio de cunha de madeira (Figura 18). O escoramento dos painéis é realizado mediante escoras metálicas.



Figura 17 – Assentamento do painel de parede.



Figura 18 – Travamento do painel com auxílio de cunha de madeira.

b) **Ligações entre painéis de parede:** no encontro entre painéis são fixadas as travas metálicas superiores (Figura 19). Previamente à soldagem (Figura 20), é verificado o alinhamento e o prumo dos painéis.



Figura 19 – Trava metálica superior.



Figura 20 – Soldagem entre painéis.

Os painéis possuem armaduras de ligação nas laterais para possibilitar a ligação entre os mesmos. A soldagem é realizada por meio de solda elétrica com o uso de barras soldáveis de aço CA-25 com $\varnothing 8\text{mm}$, de acordo com as seguintes ligações:

- entre dois painéis em “L”: utiliza-se barra de aço reta com 100mm de comprimento (Figura 21);
- entre dois painéis em “T”: utiliza-se barra de aço reta com 80mm de comprimento;
- entre três painéis: utiliza-se uma barra de aço em formato “V” com 180mm de comprimento (comprimento desenvolvido) e uma barra de aço reta com 100mm de comprimento (Figura 22);
- entre quatro painéis: utilizam-se duas barras de aço em formato “V” com 180mm de comprimento e uma barra de aço reta com 120mm de comprimento.

São realizados no mínimo quatro pontos de solda na ligação entre painéis. No caso de painel de vão de porta, a soldagem é realizada em dois pontos localizados na região do topo do painel e na região do topo do vão de porta (Figuras 23 e 24). Em unidades habitacionais com mais de um pavimento, as ligações entre painéis do pavimento térreo e pavimento superior recebem armação de transpasse (480mm no painel do pavimento térreo e 480mm no painel do pavimento superior) composta de barra de aço CA-50 de $\varnothing 8\text{mm}$ (Figura 23). Após a soldagem dos encontros entre painéis, as bases em ferro fundido são retiradas e substituídas por calços em argamassa (Figura 25). O vão formado nas ligações entre painéis é preenchido com graute (resistência característica à compressão aos 28 dias de 25MPa, quando destinados para uso nas regiões de classe de agressividade ambiental I e II e de 30MPa nas regiões de classe de agressividade ambiental III), com auxílio de fôrma específica (Figura 26).

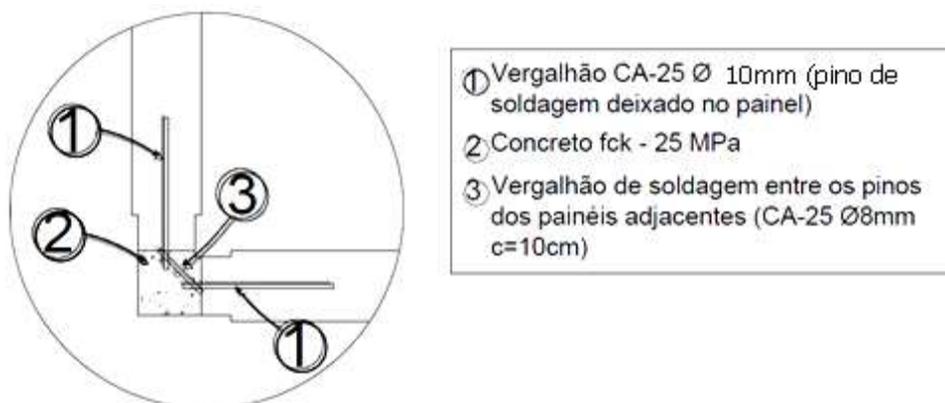
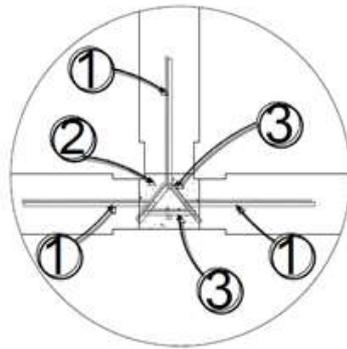


Figura 21 – Detalhe esquemático da ligação entre dois painéis.



- ① Vergalão CA-25 Ø 10 mm (pino de soldagem deixado no painel)
- ② Concreto fck - 25 MPa
- ③ Vergalão de soldagem entre os pinos dos painéis adjacentes (1 vergalão reto CA-25 Ø8mm c=10cm e 1 vergalão em V CA-25 Ø8mm c=18cm)

Figura 22 – Detalhe esquemático da ligação entre três painéis.



Figura 23 – Ligações entre dois painéis e barra de transpasse entre painel do pav. térreo e painel do pav. superior.

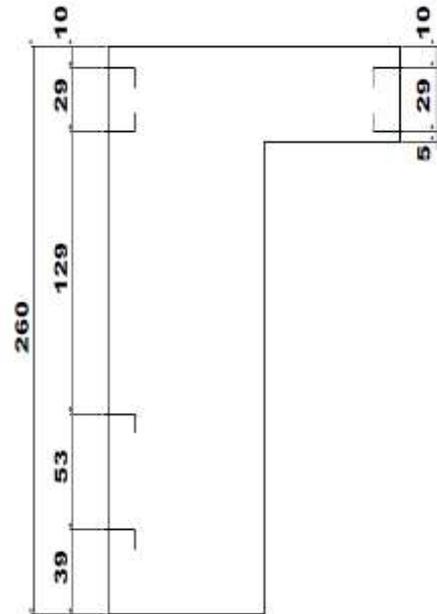


Figura 24 – Ligação entre painéis acima do vão de porta (dois pontos de solda).



Figura 25 – Painel apoiado em calços de argamassa.



Figura 26 – Fôrma para grauteamento entre painéis.

Após o grauteamento, o tratamento das juntas é realizado com o emprego de tela de poliéster fixada com argamassa colante tipo AC I (Figura 27). O acabamento é realizado com camada de argamassa de revestimento (traço em volume 1:4, cimento: areia fina, com aditivo adesivo) e aplicação posterior de emulsão acrílica na região da junta (Figuras 28 e 29).



Figura 27 – Fixação da tela de poliéster sobre argamassa colante tipo ACI.



Figura 28 – Acabamento em camada de argamassa de revestimento.



Figura 29 – Aplicação de emulsão acrílica na região de juntas entre painéis.

- c) **Interface entre painéis de parede e lajes:** as lajes são convencionais e devem atender às normas prescritivas pertinentes. O tratamento da interface entre painel e laje é realizado pela face externa, com aplicação de tela de poliéster fixada com argamassa colante tipo AC I. O acabamento é realizado com camada de argamassa de revestimento (traço em volume 1:4, cimento: areia fina, com aditivo adesivo) e aplicação posterior de emulsão acrílica na região da junta (Figura 30). Nos vãos inferiores e superiores entre painel e laje é aplicada argamassa de vedação composta de cimento e areia média (traço em volume de 1:4, cimento: areia média).

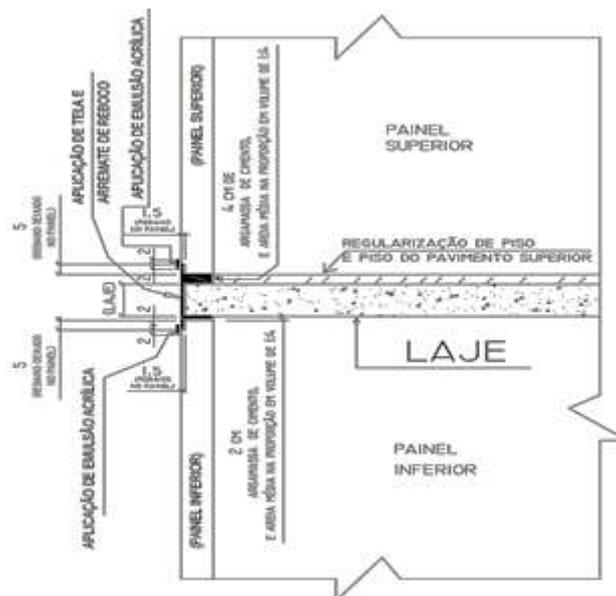


Figura 30 – Desenho esquemático do encontro entre painéis e laje.

- d) **Interface entre painéis e fundação:** o vão entre a base dos painéis e o elemento de fundação é preenchido com argamassa de cimento e areia (traço em volume de 1:3) com aditivo impermeabilizante e expensor.
- e) **Interface entre painéis de parede e instalações:** as tubulações de elétrica e de hidráulica são posicionadas nos painéis durante o processo de produção, e as ligações são executadas em obra de acordo com as normas pertinentes.
- f) **Interface entre painéis de parede e esquadrias:** a fixação das esquadrias em aço é realizada por meio de grapas embutidas no painel, em rebaixos previamente determinados no processo de moldagem dos painéis. Para as portas, as grapas são abertas de modo a serem posteriormente fixadas ao painel (Figura 31). As janelas também podem ser fixadas por meio de parafusos metálicos. Os marcos são preenchidos com argamassa de cimento e areia média (traço em volume 1:3, cimento: areia média) e as esquadrias são fixadas aos painéis com argamassa colante do tipo AC I (traço em volume 1:2) (Figura 32).

Em seguida, é realizado o assentamento das grapas nos rebaixos dos painéis com argamassa de cimento e areia (traço em volume 1:3, cimento: areia) (Figura 33). Na interface das esquadrias e face externa dos painéis é aplicada faixa de no mínimo 20mm de largura de emulsão acrílica em todo o perímetro da esquadria (Figura 34). A fixação das portas internas de madeira é realizada por meio de espuma de poliuretano.



Figura 31 – Marco de porta de aço preenchido com argamassa e grapas para fixação no painel de parede.



Figura 32 – Aplicação de argamassa colante no marco da janela de aço.



Figura 33 – Assentamento da grapa no rebaixo do painel com argamassa.



Figura 34 – Faixa de emulsão acrílica na interface da face externa do painel e perímetro das esquadrias.

- g) Revestimento e acabamento dos painéis de parede:** A face externa do painel (face em contato com a pista no processo de moldagem) recebe selador acrílico e textura acrílica ou pintura de base acrílica. Ao redor das edificações é aplicada emulsão acrílica conformando um barrado de 80mm de altura. 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 de áreas molhadas (banheiro) recebem revestimento cerâmico do piso ao teto e, das áreas molháveis (cozinha e área de serviço) recebem revestimento cerâmico do piso ao teto, somente na parede da pia e do tanque. O assentamento do revestimento cerâmico é realizado com argamassa industrializada do tipo AC I.
- h) Revestimentos de piso e interface com os painéis de parede:** o sistema de piso consiste em revestimento cerâmico com 6mm de espessura, aplicado sobre camada de argamassa de regularização com 30mm e rodapés. Nos ambientes de áreas molhadas e/ou molháveis é aplicada impermeabilização flexível de base cimentícia sobre o contrapiso e sobre a porção inferior das paredes, de modo a conformar um barrado de 300mm de altura, previamente ao assentamento do revestimento cerâmico.
- i) Sistema de cobertura:** o sistema de cobertura é convencional e compreende estrutura de madeira, e telhas cerâmicas ou telhas em fibrocimento, sobre ático e laje de concreto com espessura de 100mm.

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 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 centrada e excêntrica, os impactos de corpo mole, impactos de corpo duro, solicitação de peças suspensas e solicitações transmitidas por portas.

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 realizados em laboratório.

Tabela 01 – Síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica

Corpo de prova ensaiado	Carga do primeiro dano (kN/m)	Carga de ruptura (kN/m)
CP 1	583,3	833,3
CP 2	291,7	825,8
CP 3	583,3	1000,0
Média	486,1	886,4

Utilizando os resultados dos ensaios de compressão excêntrica, considerando a carga máxima atuante para o projeto de edifício habitacional de dois pavimentos (térreo + 1 pavimento) de $P=22,0\text{kN/m}$ e as equações de resistência última (R_{ud}) e de resistência de serviço (R_{sd}) apresentadas na ABNT NBR 15575-2:2013 ($\xi=1,5$ e $\gamma_m=2,0$), determina-se para compressão excêntrica $R_{ud} = 289,0\text{kN/m}$ e $R_{sd} = 73,0\text{kN/m}$ e, aplicando-se um coeficiente de majoração de 1,4, temos uma carga atuante máxima de $30,8\text{kN/m}$. Deste modo, temos que $P_{m\acute{a}x.} \leq R_{ud}$. Assim, os painéis de parede estruturais ensaiados 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 e de corpo duro, considerando os pontos mais desfavoráveis dos painéis de parede (união entre painéis). Os resultados indicam que o corpo de prova não apresentou falhas (fissuras, moissas e frestas) e/ou rupturas nos componentes da parede, demonstrando atendimento aos critérios estabelecido na Diretriz SiNAT N°002 – Rev.02.

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

Os ensaios de verificação da capacidade de suporte de peças suspensas consideraram dispositivo padrão com duas mãos francesas e carga aplicada em cada peça, considerando os dois pontos de $1,2\text{kN}$. Os tipos de fixações empregados nos ensaios foram: parafuso de diâmetro $5,8\text{mm}$, comprimento de $79,3\text{mm}$ e bucha plástica tipo Br, FU (10×60). 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 entre juntas dos painéis de parede e na interface entre painel de parede e janela. O ensaio consistiu em submeter, durante um período de 7h, a face externa do corpo de prova a uma vazão de água de 3L/min/m^2 , criando uma película homogênea e contínua, com a aplicação simultânea de uma pressão pneumática de 50Pa 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. 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 15575-4:2013 – Edificações habitacionais – Parte 4.

Foram também realizadas análises do projeto para avaliar os aspectos que influenciam a estanqueidade à água dos painéis de parede das fontes de umidade externas (Figura 30) e internas à edificação.

A estanqueidade à água das paredes externas e internas é considerada satisfatória, em razão, das características construtivas do painel e das soluções adotadas entre interfaces e nos revestimentos e acabamentos. A face externa dos painéis recebe selador acrílico e textura acrílica ou pintura de base acrílica. A face interna dos painéis recebe pintura PVA ou acrílica e revestimento cerâmico. Como especificação de projeto, tem-se também que a calçada ao redor da edificação tem largura de 100mm maior que a projeção horizontal do beiral do sistema de cobertura.

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, entre o piso acabado do banheiro e do corredor e entre o piso acabado do banheiro e o do box. Em todos os ambientes de áreas molháveis (cozinha, lavabo, sacada coberta) ou molhadas (banheiro e área de serviço) é aplicada impermeabilização flexível de base cimentícia sobre o contrapiso e sobre a porção inferior das paredes, de modo a conformar um barrado de 300mm de altura, sendo o acabamento realizado com revestimento cerâmico assentado com argamassa AC I.

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 e expansor. As bases das paredes externas recebem faixa de 80mm de emulsão acrílica (Figura 35). Também são aplicadas faixas de emulsão acrílica na interface entre os painéis de parede e nos perímetros externos das esquadrias (Figura 36).

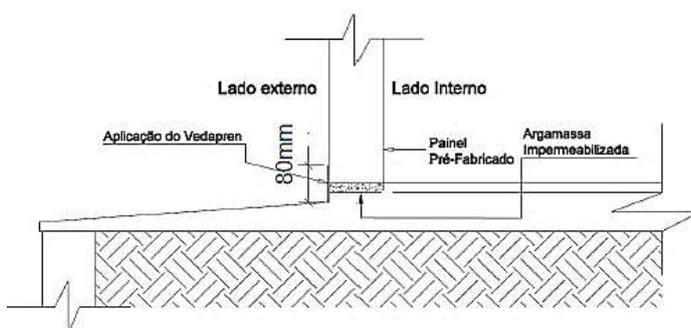


Figura 35 – Detalhe da emulsão acrílica nas bases das paredes externas



Figura 36 – Detalhe da emulsão acrílica no perímetro das esquadrias

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

4.3. Desempenho térmico

Foram realizadas simulações computacionais para avaliação de desempenho térmico para as cidades representativas das oito zonas bioclimáticas (Z1 a Z8 indicadas na Diretriz SiNAT N° 002-Rev.02). As simulações computacionais foram realizadas utilizando o software EnergyPlus para as tipologias de unidades habitacionais térreas e edifícios habitacionais multifamiliares de até dois pavimentos (térreo + 1 pavimento).

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

- Painel de parede pré-moldado conformado por: camada de concreto (densidade de 2330kg/m³) com espessura de 15mm (face voltada para o exterior da edificação); lajotas cerâmicas

(densidade de 1500kg/m³ e peso aproximado de 3,78kg) com 300mm de comprimento, 300mm de largura e 85mm de altura; segunda camada de concreto (densidade de 2330kg/m³) com espessura de 10mm e camada de argamassa com espessura de 5mm (densidade 2000kg/m³);

- Piso cerâmico (6mm de espessura) assentado sobre camada de argamassa com espessura de 30mm, sobre laje com espessura de 100mm (densidade de 2400kg/m³);
- Janelas dos dormitórios com tipologia de correr, dimensões de 1600mm x 1100mm compostas por caixilhos em aço, com duas folhas de vidro com 3mm de espessura;
- Janela da sala com tipologia de correr, dimensões de 2600mm x 1100mm compostas por caixilhos em aço, com duas folhas de vidro com 3mm de espessura;
- Janela da cozinha com tipologia de correr, dimensões de 1200mm x 600mm compostas por caixilhos em aço, com duas folhas de vidro com 3mm de espessura;
- Janela da área de serviço com tipologia basculante, dimensões de 600mm x 600mm compostas por caixilho em aço, com vidro de 3mm de espessura;
- Janela do banheiro com tipologia basculante, dimensões de 1100mm x 600mm compostas por caixilho em aço, com vidro de 3mm de espessura;
- Área útil de 41,7m²;
- Pé direito de 2600mm.

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 impeçam a entrada de radiação solar direta ou reduza ao menos em 50% a incidência da radiação solar global nos ambientes, e ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas e uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0Ren/h) e janelas sem sombreamento;
- Condição com sombreamento e ventilação: proteção interna ou externa das aberturas que impeça a entrada de radiação solar direta ou reduza ao menos em 50% a incidência da radiação solar global nos ambientes e ventilação de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0Ren/h);

As avaliações contemplam diferentes soluções do sistema de cobertura para cada tipologia, conforme abaixo:

- a) Edificação térrea e sistema de cobertura composto por telha cerâmica com espessura de 15mm e densidade de 1700kg/m³, sobre ático e laje de concreto com espessura de 100mm e densidade de 2400kg/m³.

A Tabela 02 demonstra as condições de atendimento mínimo aos requisitos para o período de verão.

Tabela 02 – Condições necessárias para a obtenção do nível de desempenho térmico mínimo nas zonas 1 a 8 no período de verão (térreo e sistema de cobertura com telhas cerâmicas e laje de concreto)

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

Para o período de inverno, todas as zonas bioclimáticas atendem as condições mínimas de desempenho térmico.

- b) Edificação térrea e sistema de cobertura composto por telha cerâmica com espessura de 15mm e densidade de 1700kg/m³, sobre ático e forro em régua de PVC com 10mm de espessura.

A Tabela 03 demonstra as condições de atendimento mínimo aos requisitos para o período de verão.

Tabela 03 – Condições necessárias para a obtenção do nível de desempenho térmico mínimo nas zonas 1 a 8 no período de verão (térreo e sistema de cobertura com telhas cerâmicas e forro em régua de PVC)

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

Para o período de inverno, todas as zonas bioclimáticas atendem a condição padrão de desempenho térmico.

- c) Edificação térrea e sistema de cobertura composto por telha em fibrocimento com espessura de 8mm e densidade de 1800kg/m³, sobre ático e laje de concreto com espessura de 100mm e densidade de 2400kg/m³.

A Tabela 04 demonstra as condições de atendimento mínimo aos requisitos para o período de verão.

Tabela 04 – Condições necessárias para a obtenção do nível de desempenho térmico mínimo nas zonas 1 a 8 no período de verão (térreo e sistema de cobertura com telhas em fibrocimento e laje de concreto)

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

Para o período de inverno, todas as zonas bioclimáticas atendem as condições mínimas de desempenho térmico.

- d) Edificação térreo + 1 pavimento e sistema de cobertura composto por telha cerâmica com espessura de 15mm e densidade de 1700kg/m³, sobre ático e laje de concreto com espessura de 100mm e densidade de 2400kg/m³.

A Tabela 05 demonstra as condições de atendimento mínimo aos requisitos para o período de verão.

Tabela 05 – Condições necessárias para a obtenção do nível de desempenho térmico mínimo nas zonas 1 a 8 no período de verão (térreo + 1 pavimento e sistema de cobertura com telhas cerâmicas e laje de concreto)

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

Para o período de inverno, todas as zonas bioclimáticas atendem as condições mínimas de desempenho térmico.

- e) Edificação térrea + 1 pavimento e sistema de cobertura composto por telha cerâmica com espessura de 15mm e densidade de 1700kg/m³, filme isolante fixado sob o madeiramento (face aluminizada voltada para o ático) sobre ático e forro em régua de PVC com 10mm de espessura.

A Tabela 06 demonstra as condições de atendimento mínimo aos requisitos para o período de verão.

Tabela 06 – Condições necessárias para a obtenção do nível de desempenho térmico mínimo nas zonas 1 a 8 no período de verão (térreo + 1 pavimento e sistema de cobertura com telhas cerâmicas, filme isolante e forro em réguas de PVC)

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

Para o período de inverno, todas as zonas bioclimáticas atendem as condições mínimas de desempenho térmico.

- f) Edificação térrea + 1 pavimento e sistema de cobertura composto por telha em fibrocimento na cor clara (absortância solar máxima de 0.4) com espessura de 8mm e densidade de 1800kg/m³, sobre ático e laje de concreto com espessura de 100mm e densidade de 2400kg/m³.

A Tabela 07 demonstra as condições de atendimento mínimo aos requisitos para o período de verão.

Tabela 07 – Condições necessárias para a obtenção do nível de desempenho térmico mínimo nas zonas 1 a 8 no período de verão (térreo + 1 pavimento e sistema de cobertura com telhas em fibrocimento e laje de concreto)

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

Para o período de inverno, todas as zonas bioclimáticas atendem a condição padrão de desempenho térmico.

Verifica-se que os painéis de parede atendem ao especificado na Diretriz SiNAT N°002 – Rev.02 quanto ao desempenho térmico mínimo, desde que respeitadas as cores de acabamento das paredes de fachada especificadas para cada tipologia de unidade habitacional e respectiva zona bioclimática.

4.4. Desempenho acústico

Para avaliação do desempenho acústico dos painéis de parede pré-moldados foram realizados os ensaios de campo de isolamento sonora de fachada (painel de parede de 115mm de espessura), de isolamento sonora do conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall (painel de parede de 115mm de espessura) e de isolamento sonora de paredes de geminação (painel de parede de 165mm de espessura) entre unidades habitacionais em um protótipo de edifício de térreo

+ 1 pavimento, localizado em Itapira/SP. O sistema de cobertura é convencional e compreende estrutura de madeira, e telhas cerâmicas sobre ático e laje de concreto com espessura de 100mm.

Descrição e características dos ambientes ensaiados:

- Fachada (ambiente de dormitório): painel de parede com 115mm de espessura e dimensões de 2695mm x 2700mm; janela de correr (1500mm x 1000mm) com quatro folhas metálicas, duas fixas e duas móveis, e duas folhas de vidro móveis e porta de madeira;
- Unidades distintas separadas pelo hall (escadaria): painel de parede com 115mm de espessura; porta (800mm x 2100mm) metálica de abrir com vidro; janelas vedadas com chapas de madeira compensada interna e externamente e vão do hall vedado com chapas de madeira compensada;
- Parede de geminação: painel de parede cego com 165mm de espessura (as esquadrias foram vedadas com espuma e chapas de madeira compensada).

A Tabela 08 apresenta a síntese dos resultados obtidos nos ensaios de campo.

Tabela 08 – Síntese dos resultados obtidos em ensaio de campo

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	32
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades)	≥ 40	42
Parede entre unidades autônomas (parede de geminação), onde não haja ambiente dormitório ($D_{nT,w}$).	≥ 40	45

Nota 1: o local onde está situado o protótipo é distante do centro da cidade e de vias de tráfego intenso, mas apresenta níveis de ruído de fundo moderados, sendo, portanto, considerado classe de ruído II.

Os ensaios de campo realizados no protótipo em Itapira/SP, demonstram que, do ponto de vista do desempenho acústico, os painéis pré-moldados mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas tem potencial para atender aos requisitos da ABNT NBR 15575-4:2013. O sistema de piso (laje de concreto) é convencional. Ressalta-se que os valores obtidos referem-se exclusivamente a unidade avaliada.

Foram também realizados ensaios em laboratório para verificar o índice de redução sonora ponderado (R_w) dos painéis de parede cegos com espessura de 115mm e de 165mm, conforme síntese dos resultados apresentados na Tabela 09.

Tabela 09 – Síntese dos resultados obtidos em ensaio de laboratório (R_w)

Elemento	Critério mínimo de desempenho R_w (dB)	Valor de R_w (dB)	
		espessura (mm)	
		115	165
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), onde não haja ambiente dormitório.	≥ 45	46	50
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), onde haja pelo menos um ambiente dormitório.	≥ 50		
Parede cega de dormitórios entre unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos.	≥ 45		
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos.	≥ 35		
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	≥ 50		

Ressalta-se que, os projetos que contemplem paredes entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação) e paredes entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas e atividades de lazer e esportivas devem especificar os painéis de parede pré-moldados com 165mm de espessura, para atendimento ao critério mínimo de redução sonora (R_w).

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 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 ($f_{ck} \geq 25\text{MPa}$, relação água/cimento $\leq 0,60$ e consumo mínimo de cimento de 280kg/m^3).

Quanto ao cobrimento das armaduras, tem-se que a malha de aço inferior é protegida por uma camada de concreto com espessura de 40,0mm (face do painel em contato com a pista de concretagem) e a malha de aço superior por uma camada de concreto com espessura de 31,6mm (face do painel superior), atendendo o cobrimento mínimo do aço pelo concreto, conforme especificado na norma ABNT NBR 6118. Ressalta-se que o cobrimento das armaduras das lajes, consideradas convencionais, deve estar de acordo com a ABNT NBR 6118.

Do ponto de vista da durabilidade da estrutura, particularizada para a resistência à corrosão das armaduras, verifica-se que os painéis de parede atendem as exigências previstas para as regiões rurais e urbanas, ou seja, Classes I e II de agressividade ambiental. São previstas manutenções periódicas da unidade habitacional pelo usuário, particularmente quanto à pintura das paredes.

Para a classe de agressividade ambiental III, os painéis são produzidos com concreto com $f_{ck} \geq 30\text{MPa}$, relação água/cimento $\leq 0,55$ e consumo de cimento mínimo de 320kg/m^3 ; nesta condição, também são observados os cobrimentos mínimos de concreto das armaduras, de 40mm (face do painel em contato com a pista de concretagem) e de 36,6mm (face do painel superior), considerando-se $\Delta c = 5\text{mm}$. Para outras classes de agressividade ambiental devem ser considerados os critérios contidos na Diretriz SiNAT N°002 – Rev.02 e em normas técnicas aplicáveis, considerando-se a classe de resistência do concreto, a máxima relação a/c, o consumo de cimento mínimo e os cobrimentos de concreto nominais.

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 8mm. 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 da sequência dos ensaios de estanqueidade/choque térmico e estanqueidade, acusando resultados satisfatórios conforme ABNT NBR 13528.

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

4.6. Segurança ao fogo

Os painéis estruturais 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 115mm de espessura com a aplicação de carga de serviço de 22,0kN/m. Os resultados obtidos demonstram que a parede com função estrutural apresentou resistência ao fogo, no grau corta-fogo, pelo período de 30 minutos.

Verifica-se que os painéis pré-moldados mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas atendem ao critério estabelecido na Diretriz SiNAT N°002 – Rev.02 quanto à segurança contra incêndio para unidades habitacionais térreas, sobrados, casas sobrepostas e edifícios de até dois pavimentos (térreo + 1 pavimento). Vale ressaltar que a empresa Casa Express 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.

5. Controle da qualidade

A Casa Express Construções e Empreendimentos Imobiliários 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 de parede pré-moldados, tais como: blocos cerâmicos, armaduras, cimento, areia, brita e concreto (são realizados ensaios de verificação da consistência e da 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 e limpeza das fôrmas metálicas, posicionamento e cobrimento das armaduras, posicionamento dos blocos cerâmicos, mistura, lançamento e adensamento das camadas de concreto, execução de revestimentos, 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;
- Sequência e verificação das etapas de montagem dos painéis de 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, tratamento das juntas, verificação do alinhamento e prumo, verificação das dimensões dos vãos e dos ambientes, interface entre painel e esquadrias e aceitação da montagem finalizada.

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

O controle de eventuais patologias ou reparos pós-ocupação deve ser evidenciado pela Casa Express Construções e Empreendimentos Imobiliários Ltda., acompanhado dos procedimentos e ações pertinentes, atendendo aos prazos de garantia.

6. Fontes de informação

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

6.1. Documentos da empresa

- Projetos e detalhamentos executivos arquitetônicos, estruturais, instalações de hidráulica e de elétrica;
- Memorial descritivo dos painéis pré-moldados “Painéis estruturais pré-moldados Casa Express, mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas – Tipo A”;

- 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 - 002/2014 – IFBQ;
- Relatório de Auditoria Técnica N°03/2014 – IFBQ;
- Relatório de Auditoria Técnica N°05/2015 – IFBQ;
- Relatório de Auditoria Técnica N°02/2016 – IFBQ;
- Relatórios de ensaios de caracterização dos agregados (UNICAMP – FT – Laboratório de Materiais da Construção Civil);
- Relatório de Ensaio de Compressão Axial de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto (TACTO Controles e Sondagem Ltda. – para 48 horas);
- Relatório de Ensaio de Compressão Axial de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto (TACTO Controles e Sondagem Ltda. – para 28 dias);
- Relatório de Ensaio N° CON/272.080/A/13 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensaio de caracterização do bloco cerâmico);
- Fichas técnicas dos desmoldantes Vedacit Impermeabilizantes (Cera Desmoldante Otto – aplicado na pista de concreto e Desmol Betoneira – aplicado nas fôrmas metálicas);
- Relatório Técnico N° 134 624-205 – CT-OBRAS – SEE – IPT (Ensaio de compressão excêntrica de painéis de parede constituídos por lajotas cerâmicas e concreto);
- Relatório de Ensaio N° REV/272.049/13 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensaio de resistência a impactos de corpo mole e corpo duro; solicitações transmitidas por portas para as paredes; solicitações de cargas de peças suspensas atuantes nos painéis de parede);
- Relatório de Ensaio N° 1 050 268-203 – Laboratório de Segurança ao Fogo e a Explosões/ CETAC – IPT (Ensaio de verificação da resistência ao fogo em parede com função estrutural);
- Relatório de Ensaio N° LPC/271.542/A/14 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensaio de verificação da estanqueidade na interface da janela e painel de parede; de verificação da estanqueidade do painel de parede com junta e resistência ao choque térmico e de aderência do revestimento);
- Relatórios de Avaliação dos Níveis de Desempenho Térmico de Edificações Habitacionais em painéis pré-moldados – Roriz Engenharia Bioclimática (Avaliação do desempenho térmico de unidades habitacionais térreas);
- Relatórios de Avaliação dos Níveis de Desempenho Térmico de Edificações Habitacionais em painéis pré-moldados – Roriz Engenharia Bioclimática (Avaliação do desempenho térmico de unidades habitacionais térreas + 1 pavimento);
- Relatório de Ensaio N° LPC/273.837/13 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensaio em campo de isolamento sonora promovida pela fachada, paredes de geminação, paredes internas com portas, em unidades habitacionais distintas separadas pelo hall e sistema de piso; ensaio de ruído de impacto-padrão do sistema de piso);
- Relatório de Ensaio N° 1 052 764-203 – Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios/ CETAC – IPT (Ensaio em laboratório de determinação da isolamento sonora do painel de parede com espessura de 115mm);

- Relatório de Ensaio N° 1 052 763-203 – Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios/ CETAC – IPT (Ensaio em laboratório de determinação da isolamento sonora do painel de parede com espessura de 150mm).

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, Casa Express Construções e Empreendimentos Imobiliários 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) manter assistência técnica, por meio de serviço de atendimento ao cliente.

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, 11 de outubro de 2016.