

 <p>Av. Prof. Almeida Prado, 532 Cidade Universitária - Butantã CEP 05508-901 São Paulo - SP Tel: (11) 3767-4164 Fax: (11) 3767-4961 ipt@ipt.br / www.ipt.br</p>	<p>Produto</p> <p>Sistema construtivo Biobox: módulos pré-fabricados de painéis estruturados por perfis leves de aço e fechamento com chapas cimentícias, para casas térreas isoladas</p> <p>Proponente BB Licenciadora Ltda. Av. Faria Lima, 2369, conj. 1102, Jardim Paulistano, 01452-922, São Paulo - SP. Unidade fabril no município de Mauá-SP. Telefone: (11) 98953 4477 Home page: www.bioboxhouses.com e-mail: luizfernando@bioboxhouses.com</p>	 
<p>Emissão Agosto de 2023</p> <p>Validade Julho de 2025</p>	<p><i>Considerando a avaliação técnica coordenada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, e a decisão dos Técnicos Especialistas indicados conforme a Portaria nº 2.795, de 27 de novembro de 2019, do Ministério das Cidades, concede-se ao produto da BB Licenciadora o Documento de Avaliação Técnica Nº 046. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o produto, destinado à construção de casas térreas isoladas e às condições expressas neste Documento de Avaliação Técnica.</i></p>	<p>DATEC Nº 046</p>
<p>Limites da avaliação técnica do sistema construtivo Biobox, constituído de módulos pré-fabricados compostos de uma estrutura central em perfis de aço zincado conformados a frio e pintados e painéis de parede, piso e cobertura, constituídos de perfis leves de aço zincado (<i>light steel frame</i>) com fechamento externo em chapas cimentícias e interno com chapas de <i>drywall</i> e isolante de lã de PET. Cada módulo destina-se à montagem de uma casa térrea isolada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para a avaliação técnica foram considerados como elementos inovadores os módulos pré-fabricados em painéis de parede, piso e cobertura estruturados por perfis leves de aço zincado (<i>light steel frame</i>) e chapas cimentícias, além do processo de montagem do sistema. A estrutura da parte central do módulo (núcleo) em perfis de aço foi considerada convencional do ponto de vista estrutural e deve ser dimensionada conforme a ABNT NBR 8800. • A avaliação técnica do sistema inovador foi realizada de acordo com a Diretriz SINAT Nº 003 – revisão 2 (2016) e a ABNT NBR 15575, partes 1 a 5, e não contemplou elementos e componentes convencionais, como fundações, instalações elétricas e hidráulicas, esquadrias, dentre outros, visto que devem ser atendidas as respectivas normas técnicas brasileiras. Entretanto, as interfaces entre estes elementos convencionais e o sistema de módulos pré-fabricados foram objeto de avaliação. • Algumas das análises da avaliação técnica foram feitas para o módulo pré-fabricado como um todo, como para o desempenho térmico, e outras, em seus elementos, como os painéis de parede, piso e cobertura, conforme explicitado no item 4. • O critério de desempenho térmico foi avaliado para a zona bioclimática 3, atendendo ao critério da ABNT NBR 15575-1, desde que observadas as condições descritas no item 4.3. • O módulo pré-fabricado (unidade residencial térrea), com as características descritas neste Datec, ao ser ensaiado em campo apresentou uma diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros, $D_{2m,nTw}$ de 21 dB, atendendo à classe de ruído I, como indicado na Tabela 8. • A estanqueidade à água do sistema Biobox foi avaliada por meio de ensaios em laboratório, análise de projeto e acompanhamento do comportamento de um protótipo. A estanqueidade das interfaces entre os painéis de parede e demais elementos – esquadrias externas, piso e cobertura – e entre os painéis de cobertura e o núcleo central foi avaliada por meio de análise de projetos e acompanhamento do comportamento do protótipo e das unidades executadas. • A avaliação da durabilidade compreendeu a realização de ensaios de resistência à ação do calor e choque térmico e de estanqueidade à água antes e após o ensaio de choque térmico de painéis de parede; de ensaios de determinação da massa de zinco dos perfis de aço; de ensaio para determinar a resistência a corrosão dos perfis zincados e pintados da estrutura da parte central do módulo e de acompanhamento do envelhecimento natural de protótipo. O uso do módulo pré-fabricado está limitado às atmosferas rurais e urbanas. A efetividade da aplicação dos manuais de uso e operação do módulo pré-fabricado serão objeto de análises constantes. 		

1. DESCRIÇÃO DO PRODUTO

O sistema construtivo Biobox é constituído de um módulo pré-fabricado para cada unidade habitacional isolada. O módulo pré-fabricado é composto de uma parte central (núcleo) em perfis de aço conformado a frio (colunas e vigas) e de painéis estruturados por perfis leves de aço zincado (*light steel frame*), conforme a ABNT NBR 6355, fechamento externo com chapas cimentícias e interno com chapas de gesso para *drywall* e isolante de lã de PET. Estes painéis estruturados são conectados ao núcleo do módulo, que permitem que eles sejam “posicionados” dentro deste módulo central, reduzindo as dimensões do módulo tridimensional para seu transporte até a obra. O módulo contém todos os painéis de parede, piso e cobertura de uma unidade habitacional. O módulo é transportado fechado para o local de montagem, sendo que o núcleo proporciona a estabilidade e resistência para sua movimentação. A montagem no local definitivo é feita sobre radier de concreto, por meio da abertura do módulo e do desdobramento dos painéis que constituem o piso, as paredes e a cobertura da unidade. A Figura 1 mostra um módulo ainda fechado, como transportado da fábrica ao local definitivo (a) e a unidade montada (b).



a) Módulo pré-fabricado ainda fechado – parte central em perfis de aço



b) Módulo aberto, montado e finalizado

Figura 1 – Módulo pré-fabricado de unidade habitacional montado.

1.1. Condições e limitações de uso

Os módulos pré-fabricados que configuram uma unidade habitacional não podem ser totalmente ou parcialmente demolidos. Qualquer modificação em painéis de parede, piso ou cobertura a ser executada pelo usuário, por exemplo, abertura de vãos de portas e rasgos para instalações hidráulicas e elétricas, deve ser previamente acordada com a BB Licenciadora. O uso do sistema tal qual descrito neste DATec está limitado, a classe I de ruído urbano, a Zona bioclimática 3 e às atmosferas rurais e urbanas, desde que sejam adotados perfis com revestimento de zinco classificado como Z275 e que os perfis de aço expostos do núcleo, além do revestimento de zinco, recebam uma pintura complementar. A calçada externa ao redor da edificação tem no mínimo 600 mm de largura e o piso tem inclinação mínima de 1% no sentido oposto à fachada. Os cuidados na utilização constam do Manual Técnico de Uso e Manutenção (Manual de uso e operação do sistema construtivo), preparado pela Biobox.

2. DIRETRIZ PARA AVALIAÇÃO TÉCNICA

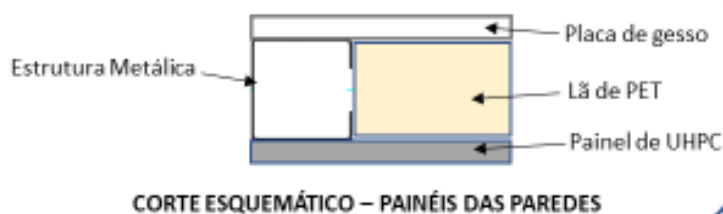
O IPT realizou a avaliação técnica de acordo com a Diretriz SINAT Nº 003 – “Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas”, revisão 02, publicada em maio de 2016, e de acordo com o conjunto de normas ABNT NBR 15575 (partes 1 a 5).

3. INFORMAÇÕES E DADOS TÉCNICOS

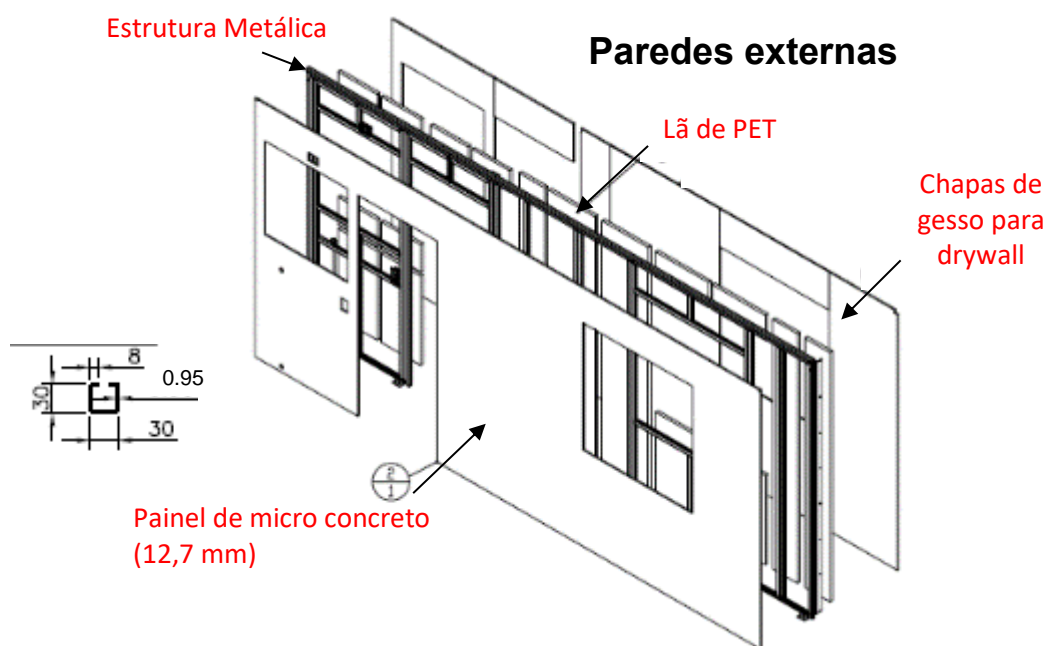
3.1 Especificações técnicas e detalhes construtivos do módulo pré-fabricado

Parte central (núcleo do módulo pré-fabricado): colunas e vigas de perfis de aço zincado conformado a frio, com 2,65 mm de espessura, ligados por parafusos ou solda. Estes perfis, por ficarem parte expostos aos agentes atmosféricos, têm revestimento de zinco Z275 e pintura eletrostática a pó, base poliéster, com espessura de 100 μm . Na região soldada é aplicado tratamento à base de zinco, e, posteriormente, aplicação da pintura eletrostática;

- a) **Painéis de parede:** os painéis de parede têm função estrutural e espessura total de 55,2 mm, obtida pelos quadros estruturais, formados por perfis de aço zincado conformados a frio (*light steel frame*) de 30 mm de largura, com 0,95 mm ou 1,55 mm de espessura, espaçados a cada 600 mm no máximo, e pelas chapas cimentícias e de *drywall*, respectivamente, de 12,7 mm e 12,5 mm na face externa e interna das paredes, além do isolante de lã de PET de 30 mm (ver alínea “p”), conforme esquema da **Figura 2**. Os perfis de aço têm revestimento de zinco, classificados como Z275. Na parede de cozinha que acomoda o fogão é utilizada chapa interna de *drywall* resistente ao fogo (RF) de 15 mm de espessura;



a)



b)

Figura 2 – Esquema genérico dos painéis de parede (sem dimensões): a) planta; b) seção 3D.

- b) **Painéis de piso:** os painéis de piso são constituídos por quadros estruturados por perfis de aço zincado e chapas cimentícias de 15,87 mm e revestimento de porcelanato, indicado esquematicamente na Figura 3. A estruturação do piso é feita por quadros de perfis de aço zincado tipo “C”, de 1,55 mm de espessura, 30 mm de altura e 30 mm de largura, parafusados

entre si. Os perfis são espaçados, aproximadamente, a cada 350 mm. Os perfis têm revestimento de proteção em zinco, classificados como Z275;

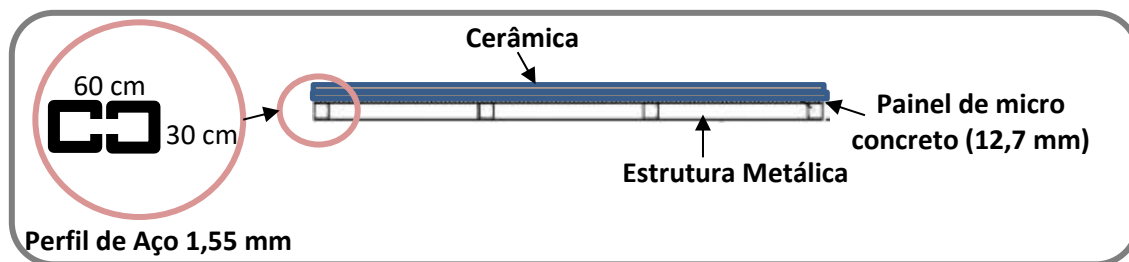


Figura 3 – Corte esquemático do painel de piso.

- c) **Painéis de cobertura:** os painéis de cobertura são constituídos por quadros de perfis de aço zincado conformados a frio, com seção tipo “C”, com 60 mm de altura e 30 mm de largura e espessura de 1,55 mm, espaçados a cada 400 mm, e fechamento interno (face inferior) de chapa de *drywall* RF de 15 mm de espessura na cozinha e de chapas cimentícias de 12,7 mm de espessura nos demais ambientes, como indicado no corte esquemático da Figura 4. Sobre os quadros são posicionadas as telhas trapezoidais metálicas. A cada três perfis, posicionados transversais às telhas, são instalados perfis duplos, obtidos a partir da justaposição de dois perfis tipo “C”. Há também perfis duplos longitudinais a cada 1 200 mm. Os perfis têm revestimento de proteção em zinco, classificados como Z275. A telha tem seção trapezoidal, tipo TR35, com espessura de 0,65 mm. Os painéis de cobertura são posicionados com 5% de inclinação;

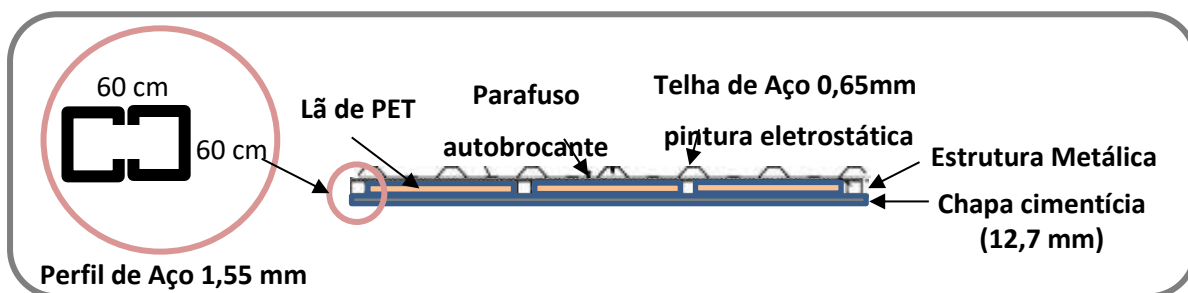


Figura 4 – Corte esquemático do painel de cobertura (exceto ambiente de cozinha).

- d) **Chapa cimentícia:** a chapa cimentícia é utilizada na face externa dos painéis de parede, na face superior dos pisos e na face inferior (forro) dos painéis de cobertura. Essas chapas são produzidas pela própria Biobox e são compostas por uma mistura de cimento Portland, cimento aluminoso, sílica ativa, *filler* basáltico, água, aditivo superplastificante base policarboxilato, aditivo acrílico, fibra de vidro e tela de fibra de vidro. As características desta chapa, determinadas a partir de ensaios, são mostradas na Tabela 1 e na
- e) Tabela 2. Analisando-se os dados da
- f) Tabela 2 verifica-se que os valores de L_i , calculado como a relação entre a resistência à flexão após envelhecimento pela resistência à flexão antes do envelhecimento, atenderam ao critério de $L_i \geq 0,70$ estabelecido pela Diretriz SINAT N° 003 e a ABNT NBR 15498;

Tabela 1 – Síntese das características físicas e mecânicas das chapas cimentícias

Ensaio	Resultado	Especificações Diretriz Nº 003
Permeabilidade à água	Sem ocorrências	Admite-se traços de umidade na face inferior das chapas
Densidade de massa aparente (kg/dm ³)	2,04	–
Absorção de água antes do envelhecimento (%)	4,8	≤ 25%
Absorção de água após envelhecimento por ciclos de imersão e secagem (%)	4,8	–
Absorção de água após envelhecimento por imersão em água quente (%)	6,9	–
Resistência à flexão no estado de equilíbrio	11,2 MPa	Categoria 3: 10 MPa
Resistência à flexão no estado saturado	12,1 MPa	Categoria 3: 7 MPa
Variação dimensional antes do envelhecimento (%)	0,04	–
Variação dimensional após envelhecimento por ciclos de imersão e secagem (%)	0,01	–
Variação dimensional após envelhecimento por imersão em água quente (%)	0,04	–

Tabela 2 – Síntese da resistência à flexão das chapas cimentícias, antes e após envelhecimento

Ensaio	Estado de equilíbrio		Estado saturado	
	Resultado (MPa)	L _i	Resultado (MPa)	L _i
Resistência à flexão antes do envelhecimento	11,2	–	12,1	–
Resistência à flexão após envelhecimento por ciclos de imersão e secagem	14,9	1,33	11,2	0,93
Resistência à flexão após envelhecimento por ciclos de imersão em água quente	10,7	0,96	12,9	1,07

g) **Interface entre o módulo pré-fabricado e a fundação:** o painel do piso do módulo pré-fabricado é apoiado e fixado diretamente ao radier por meio de chumbadores tipo parabolt de Ø ½" x 5". Os perfis de aço, apoiados sobre o radier, são envoltos por uma faixa de manta asfáltica autocolante de 3 mm de espessura, evitando-se o seu contato direto com o concreto, como indicado na Figura 5. Nas bases das paredes, em todo o contorno da casa, fixa-se uma régua (saia) em chapa cimentícia com 160 mm de altura e 10 mm de espessura com furos de 50 mm de diâmetro, espaçados a cada 200 mm para permitir a circulação de ar sob o painel de piso da casa (Figura 6). Complementarmente, esses furos são fechados por tela para impedir a entrada de insetos. As especificações mínimas do radier compreendem:

- Calçada externa com cota 50 mm abaixo da cota de apoio da casa;
- Classe de resistência do concreto: C25;
- Deve ser plano, admitindo irregularidades superficiais de no máximo 2 mm/m.

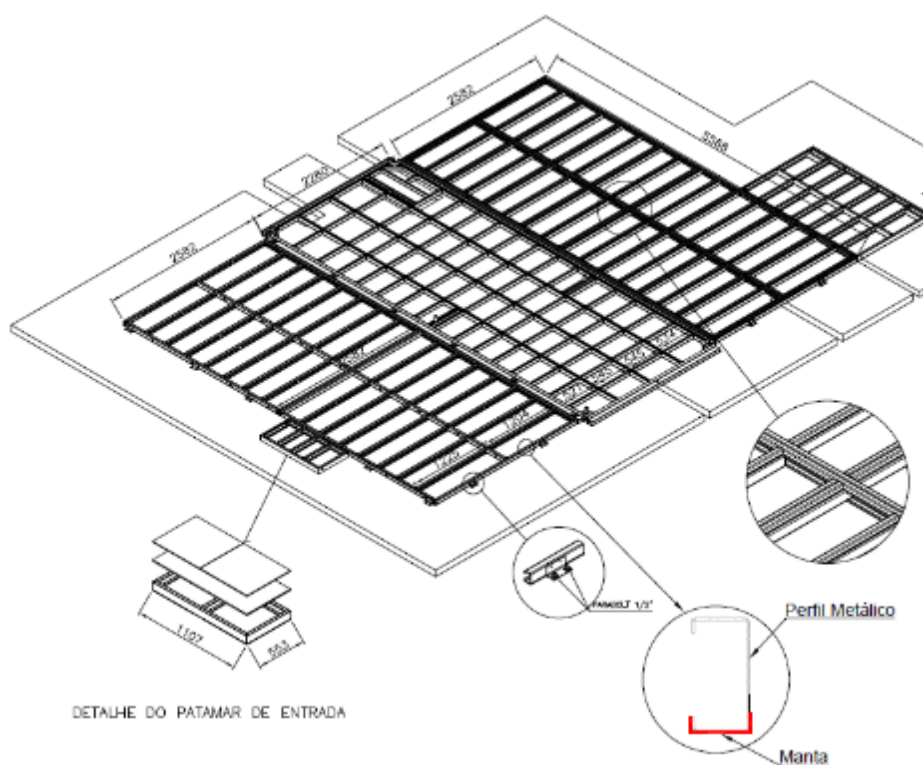


Figura 5 – Interface do painel de piso com o radier.

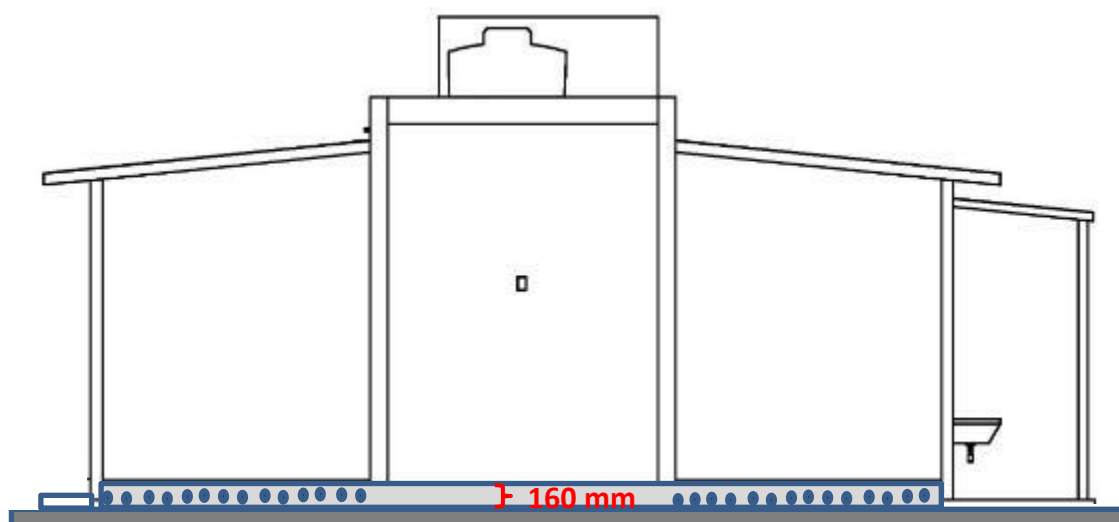


Figura 6 – Fechamento da interface entre o módulo da unidade habitacional e o radier.

- h) **Interface entre o painel de piso e o painel de parede:** o painel de parede é fixado no painel de piso por cantoneiras de aço zincado Z275 e parafusos $\text{Ø}4,2 \text{ mm} \times 32 \text{ mm}$. Na interface entre paredes laterais externas e a calçada externa, aplica-se manta asfáltica autocolante, com acabamento aluminizado com espessura de 3 mm e arremate de chapa cimentícia de 10 mm de espessura;

- i) **Interface entre paredes:** a ligação entre paredes é feita por meio de parafusos, com resistência à corrosão mínima de 1 000 h quando exposto em câmara de névoa salina. Na face externa, os arremates dos cantos são feitos com aplicação de manta asfáltica autocolante, com acabamento aluminizado, com espessura de 3 mm, e arremate com chapas cimentícias de 10 mm de espessura pintadas (Figura 4b). A interface entre as paredes laterais e a estrutura central é tratada com selante PU, como indicado esquematicamente na Figura 7;

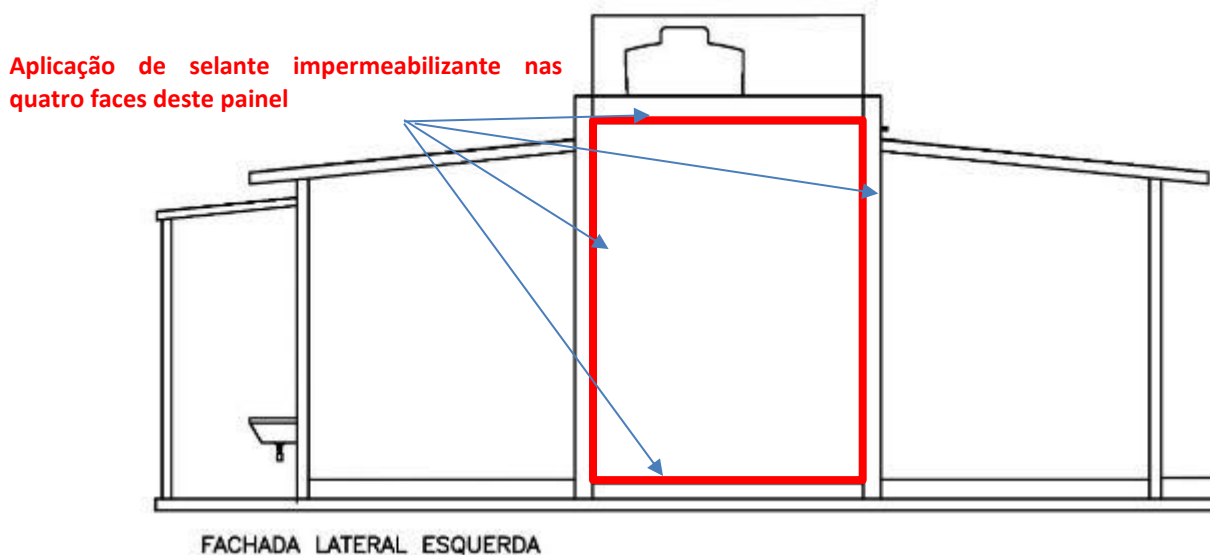
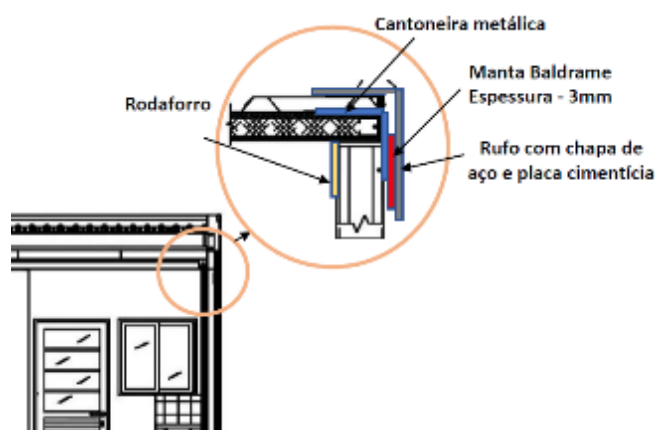


Figura 7 – Interface entre as paredes laterais e a estrutura central.

- j) **Interface entre parede externa e cobertura:** o painel de cobertura é fixado ao painel de parede por meio cantoneiras e parafusos, com inclinação de 5%, sendo que a interface parede/cobertura recebe uma faixa de manta asfáltica autocolante, com acabamento aluminizado, com espessura de 3 mm e arremate com chapas cimentícias de 10 mm de espessura pintadas, indicado esquematicamente na
- k) Figura 8. As interfaces entre os painéis de cobertura laterais e o núcleo central da unidade recebem rufo metálico e manta asfáltica aluminizada, como indicado na Figura 9;



a) Desenho esquemático



b) Interface entre pinéis de parede e entre parede e cobertura com acabamento em chapas cimentícias

Figura 8 – Interface entre paredes laterais e cobertura lateral.

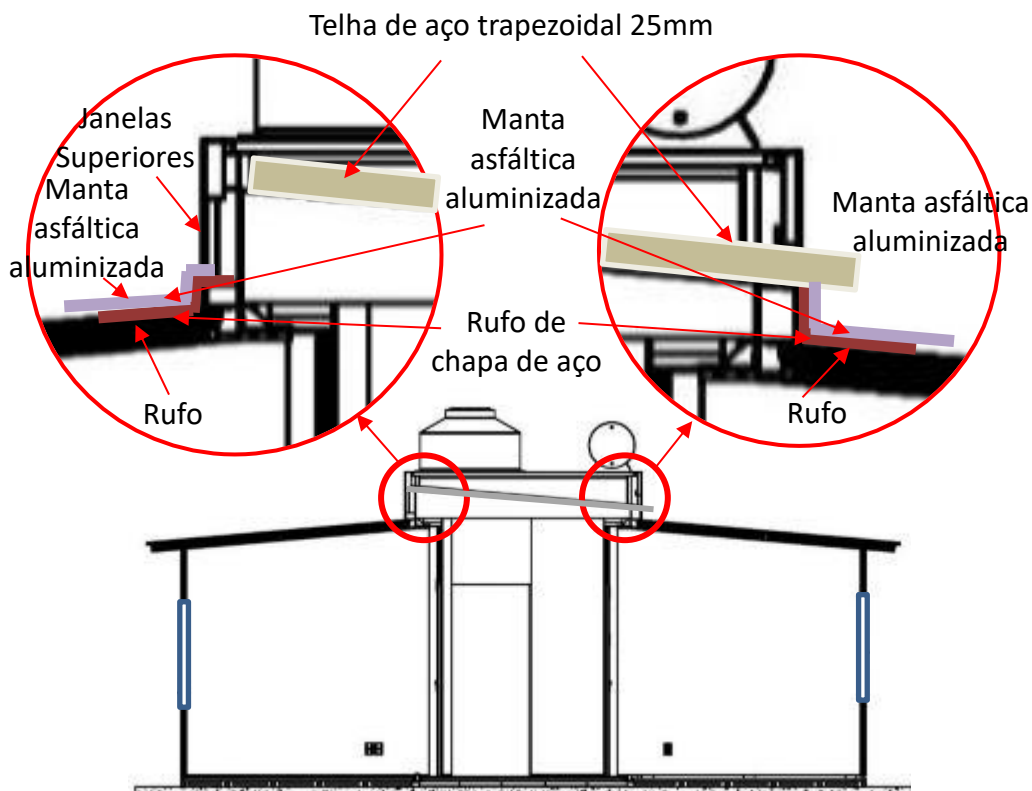


Figura 9 – Interface entre cobertura lateral e núcleo central.

- l) **Interface entre paredes e instalações:** as instalações elétricas são embutidas nas paredes, e são distribuídas por uma calha na altura da cobertura. As tubulações de água fria passam pela área visitável (passagem horizontal na parte inferior dos painéis), sendo que somente a parte vertical da tubulação, na região do ponto de alimentação, fica posicionada interna à parede, onde existe uma chapa cimentícia fácil de ser retirada para manutenção. As tubulações de esgoto passam por *shafts* e abaixo do piso do módulo pré-fabricado;
- m) **Interface entre paredes e esquadrias:** as janelas e portas são fixadas lateralmente às paredes com parafusos auto brocantes, zincados. Previamente a esta fixação, aplica-se uma faixa de manta asfáltica autocolante, com acabamento aluminizado e espessura de 3 mm e no mínimo 110 mm de largura, em todo o contorno dos vãos de porta e janela, como indicado na Figura 10. Adicionalmente, é aplicado selante poliuretânico em todo o contorno da esquadria em contato com o painel de parede;

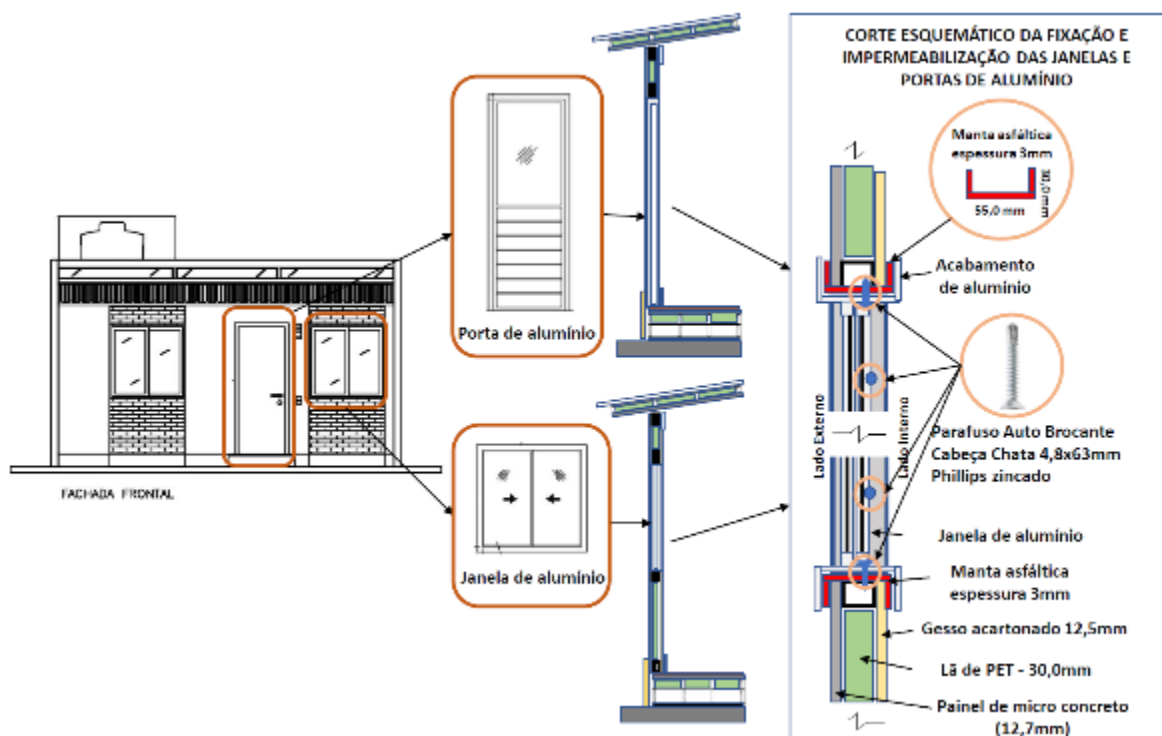


Figura 10 – Interface entre painéis de parede e esquadrias (porta e janela).

- n) **Acabamento das paredes internas:** as paredes internas das áreas secas recebem acabamento com pintura PVA. Aplica-se hidrofugante base acrílica na parede da cozinha que acomoda a pia e em todas as paredes internas do banheiro. O box recebe revestimento de placas cerâmicas até a altura de 2,80 m. As paredes da pia da cozinha e do lavatório do banheiro recebem revestimento de placas cerâmicas até a altura de 1,50 m. Também existe um rodaforno (perfil de acabamento) entre as paredes internas e os painéis de cobertura;
- o) **Acabamento das paredes externas:** nas faces externas os painéis de parede recebem acabamento com textura acrílica;
- p) **Acabamento dos painéis de piso e cobertura:** na face superior do piso é aplicado revestimento em placas cerâmicas, tipo porcelanato. No banheiro, é feita aplicação de impermeabilização de base acrílica em todo o piso e de faixa de manta asfáltica no rodapé (altura de 200 mm), para posterior aplicação de revestimento cerâmico. No forro de áreas molháveis e molhadas, aplica-se hidrofugante base acrílica, antes da pintura;
- q) **Interface entre paredes e piso de áreas molhadas:** aplicação de impermeabilização base acrílica em todo o piso do banheiro e de faixa de manta asfáltica no rodapé, até 200 mm de altura;
- r) **Chapas de gesso para *drywall*:** de 12,5 mm e 15,0 mm, cujas características atendem à ABNT NBR 14715;
- s) **Lã de PET:** gramatura de 0,35 kg/m², condutividade térmica de 0,05 W/m°C, resistência térmica mínima de 0,5 m²K/W, densidade óptica de fumaça de 33 e classe II-A de combustibilidade;
- t) **Parafusos:** os parafusos aplicados para fixação dos perfis às chapas cimentícias, entre perfis, e entre painel de parede e piso, têm ao menos 1 000 h de resistência à corrosão quando expostos em ambiente de névoa salina. Na parte central do módulo pré-fabricado, os perfis de aço, podem, alternativamente à fixação por parafusos, ser soldados pelo processo de arco elétrico. Em todos os pontos de solda aplica-se tratamento constituído por uma combinação de zinco e outros metais galvânicos, para que a região também resista a 1 000 h de exposição em câmara de névoa salina.

3.2 Procedimentos de fabricação e montagem

A sequência de atividades de produção do sistema Biobox, apresentada a seguir, foi constatada em visitas técnicas na fábrica em Mauá-SP e na montagem do protótipo no IPT e nas auditorias realizadas em fábrica e nas unidades em uso nas cidades de Cruzeiro e Peruíbe-SP.

O módulo pré-fabricado contém todos os painéis de parede, piso e cobertura de uma unidade habitacional e a montagem no local definitivo é feita sobre radier por meio da abertura do módulo e do desdobramento dos painéis da cobertura, paredes e piso.

- a) A produção dos módulos das unidades habitacionais, feita totalmente em fábrica, inicia-se pela montagem dos quadros estruturais dos painéis de paredes, piso e cobertura e da estrutura central, mediante aparafusamento e soldagem (peças da parte central) dos perfis pré-cortados e dobrados (Figura 11 e Figura 12);

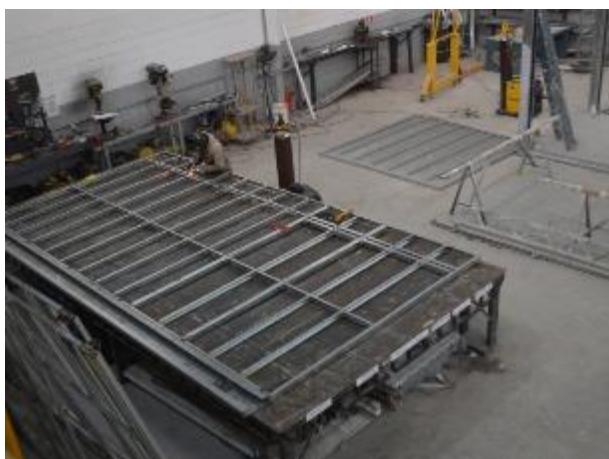


Figura 11 – Montagem dos quadros dos painéis de parede, piso e cobertura.



Figura 12 – Montagem da estrutural central.

- b) Previamente, são produzidas as chapas cimentícias, cuja moldagem é precedida pela limpeza e aplicação de desmoldante na superfície do molde montado sobre uma plataforma horizontal (Figura 13), colocação da tela de fibra de vidro na face inferior da fôrma (Figura 14) e preparo da mistura. As espessuras das chapas cimentícias são determinadas pela largura das abas das cantoneiras de aço do quadro montado sobre o molde, mostrado na Figura 14;



Figura 13 – Limpeza e aplicação de desmoldante no molde.



Figura 14 – Tela de fibra de vidro da face inferior da chapa cimentícia.

- c) Para o caso das chapas de parede e teto, os quadros possuem cantoneiras com abas de 12,7 mm e para as chapas de piso, 15,87 mm. Este quadro também determina o comprimento,

a largura e o formato da chapa, retangular ou trapezoidal, já que possui contorno equivalente ao da chapa a ser produzida. Por sua vez, a chapa tem o tamanho do painel de parede, piso ou forro a ser produzido, inclusive com a incorporação de eventuais recortes;

- d) A chapa cimentícia é produzida na própria fábrica a partir da dosagem dos materiais constituintes que são pesados e misturados com misturador planetário (Figura 15);
- e) Imediatamente após o preparo da mistura da chapa cimentícia, esta é lançada e espalhada sobre o molde (Figura 16). Retira-se o excesso de material com uma régua vibratória apoiada sobre o quadro que determina o formato e as dimensões da chapa (Figura 17) e, em seguida, procede-se à colocação da tela de fibra de vidro superior da chapa (Figura 18);
- f) Em seguida, posiciona-se o quadro de perfis de aço do painel de parede, piso ou cobertura sobre a mistura ainda fresca (Figura 19). Aos perfis deste quadro foram previamente fixados parafusos cabeça chata e ponta raspadora de $\varnothing 4,0$ mm x 25 mm, espaçados a cada 400 mm e ressaltados em 10 mm em relação à superfície dos perfis (Figura 20) de forma que a sua penetração na mistura fresca proporcione a fixação da chapa cimentícia ao quadro;
- g) Após o período de cura da chapa cimentícia, o painel é içado (Figura 21) e são montadas as instalações com a colocação de caixas elétricas e eletrodutos e é colocado o isolante de lã de PET interno aos painéis e, posteriormente, monta-se as chapas internas de *drywall* (Figura 22);



Figura 15 – Mistura dos materiais para a produção da chapa cimentícia.



Figura 16 – Lançamento da mistura da chapa cimentícia à forma.



Figura 17 – Retirada do excesso e nivelamento da massa.



Figura 18 – Colocação da tela de fibra de vidro da face superior.



Figura 19 – Colocação do quadro de aço sobre a mistura (massa) fresca.

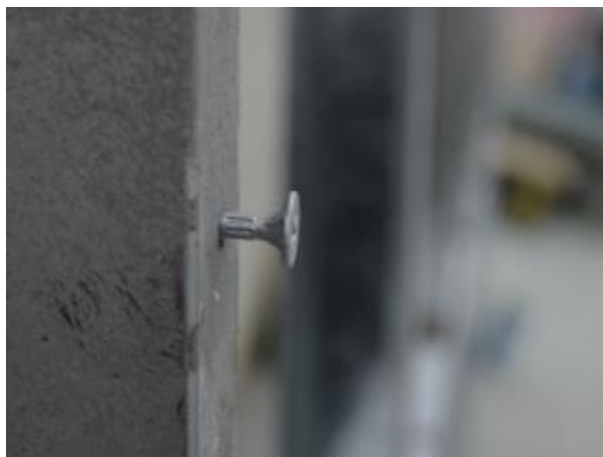


Figura 20 – Parafuso de fixação da chapa cimentícia ao quadro – cabeça de parafuso ancorada na massa da chapa.



Figura 21 – Içamento do painel de parede.

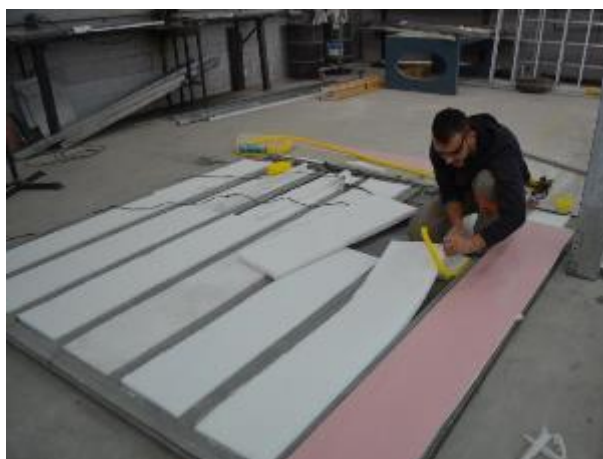


Figura 22 – Montagem da instalação elétrica e colocação da lã de PET e chapa de *drywall*.

- h) Os painéis de parede, do piso e da cobertura, internos à unidade, são montados fixados à estrutura do núcleo central previamente montado com o painel de piso (Figura 23 e Figura 24) obtendo-se a envoltória da unidade habitacional;
- i) Posteriormente, aplicam-se os acabamentos internos, como revestimentos de piso e parede das áreas molhadas e molháveis (Figura 25), e faz-se o “fechamento” dobrando-se as paredes internas da unidade, a qual é armazenada para expedição e montagem final em campo (Figura 26);



Figura 23 – Montagem dos painéis de parede internos.

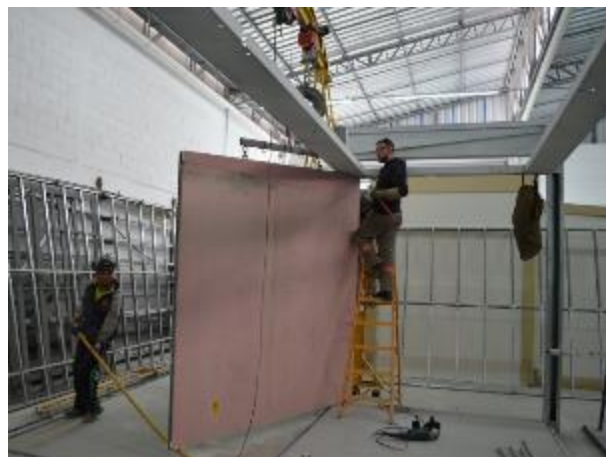


Figura 24 – Montagem dos painéis de parede internos.



Figura 25 – Execução do revestimento interno de placas cerâmicas no banheiro.



Figura 26 – Módulo pré-fabricado (unidade habitacional pronta), em estoque.

- j) A montagem final da casa em campo é feita sobre o radier previamente executado segundo as especificações de projeto, fazendo-se as ligações de água, energia elétrica e esgoto. São adotados os seguintes procedimentos:
- O módulo da unidade é transportado até o local com caminhão plataforma, descarregado e apoiado sobre o radier com caminhão Munck;
 - A abertura dos painéis do módulo é feita com apoio de escoras e um pórtico metálico (Figura 27). É utilizado um pórtico treliçado, montado sobre duas calhas de perfis de aço posicionadas nas laterais do módulo a ser montado, que permitem a sua movimentação. Na travessa do pórtico há duas talhas elétricas com capacidade de 1.200 kg cada uma, que fazem a elevação dos painéis da casa durante a montagem. Uma vez içado o primeiro painel, o da cobertura lateral, utilizam-se escoras para o seu apoio provisório (Figura 28);
 - Em seguida, abre-se o painel do piso lateral (Figura 29) e, na sequência, o painel da parede frontal (Figura 30);
 - Posteriormente são abertos os painéis articulados das paredes laterais e interna (Figura 31) e tem-se uma das laterais da casa pronta (Figura 32);
 - Repete-se o processo para a montagem da lateral oposta.

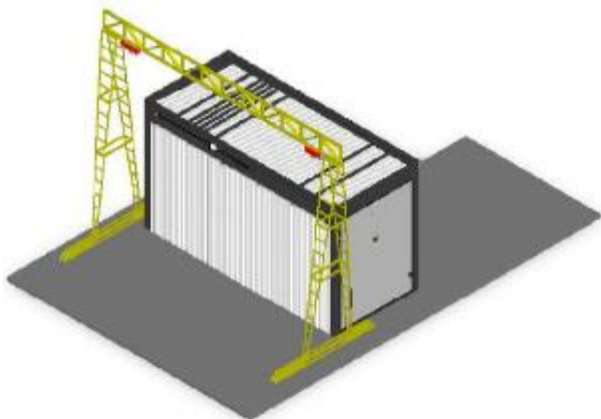


Figura 27 – Pórtico posicionado para o início da abertura dos painéis do módulo.

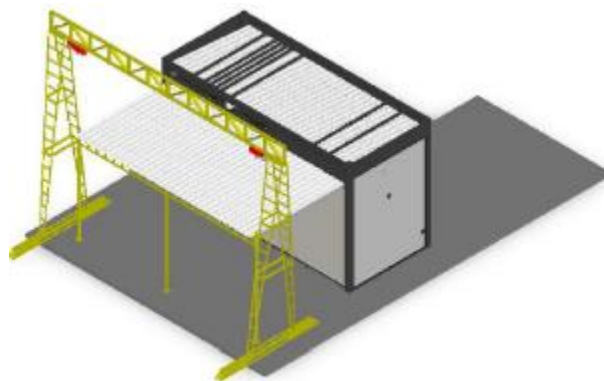


Figura 28 – Primeiro painel (da cobertura) içado e escorado.

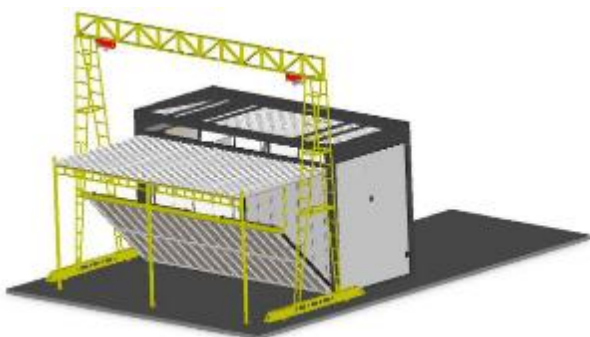


Figura 29 – Abertura do painel do piso.

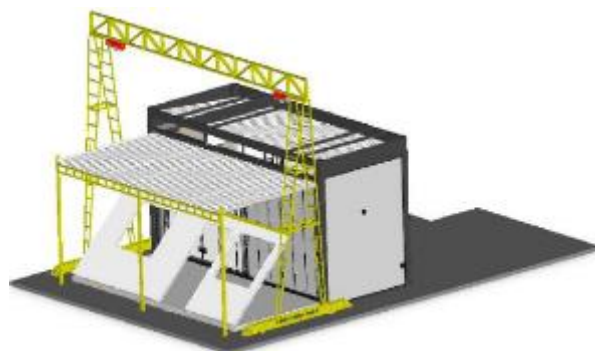


Figura 30 – Abertura do painel da parede frontal.

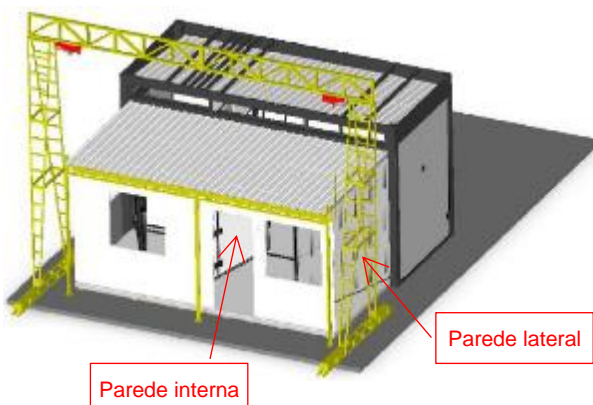


Figura 31 – Abertura dos painéis das paredes laterais e das paredes internas.



Figura 32 – Lateral da casa pronta.

- k) Após a montagem final da casa com a abertura de todos os painéis, são feitos os acabamentos, arremates e fixação de complementos que compreendem: cantoneiras, arremates do revestimento do piso, montagem do piso e da cobertura da lavanderia, fixação do tanque de lavar roupa, rufos e calhas, gabinetes de cozinha, maçanetas, etc.

4. AVALIAÇÃO TÉCNICA

A avaliação técnica de desempenho foi conduzida considerando a análise de projetos, ensaios laboratoriais, ensaios em campo, visitas técnicas em fábrica e em unidades em uso e demais análises que constam dos Relatórios Técnicos e de ensaios citados no item 6.2, à luz da Diretriz SINAT Nº 003 e da ABNT NBR 15575 (partes 1 a 5). Alguns dos ensaios e análises consideraram o módulo pré-fabricado como um todo, outras consideraram suas partes, como os painéis de parede, piso e cobertura. Assim, os ensaios para verificação do desempenho estrutural dos painéis de parede, piso e cobertura foram realizados em protótipo, a menos do ensaio para verificação da resistência à compressão excêntrica dos painéis de parede que foi realizado em laboratório. Os ensaios para verificação da estanqueidade à água, resistência à ação de calor e choque térmico e resistência e reação ao fogo foram realizados em painéis no laboratório. Os ensaios e análises do desempenho acústico e térmico considerou o módulo pré-fabricado como um todo.

4.1 Desempenho estrutural

A avaliação do desempenho estrutural envolveu a análise global do sistema construtivo Biobox (módulo pré-fabricado) e dos resultados dos ensaios dos seus painéis constituintes de parede, piso e cobertura, os quais são apresentados nos próximos itens.

4.1.1 Avaliação do desempenho das paredes

O desempenho estrutural do sistema de paredes da Biobox foi avaliado a partir da análise de projeto e dos resultados obtidos nos ensaios de resistência a impactos de corpo mole e corpo duro, resistência a solicitações transmitidas por portas, resistência à ação de peças suspensas e a ações verticais (compressão excêntrica).

4.1.1.1 Resistência a impactos de corpo mole e corpo duro

Um módulo pré-fabricado (protótipo) foi submetido a ensaios de impacto de corpo mole nas faces externa e interna das paredes da sala, e na parede interna entre o dormitório e a cozinha, com as seguintes energias, aplicadas entre montantes e no montante:

- Face externa da parede da sala (parede estrutural): 120 J, 180 J, 240 J, 360 J, 480 J e 720 J;
- Face interna da parede da sala (parede estrutural): 120 J, 180 J, 240 J e 360 J; e
- Parede de vedação entre o dormitório e a cozinha: 60 J e 120 J.

Os resultados, conforme Relatório de Ensaio IPT nº 1 133 303-203, indicam que não ocorreram falhas, deslocamentos excessivos ou rompimento nas paredes durante o ensaio e, portanto, atendem aos critérios da ABNT NBR 15575-4 e da Diretriz SINAT Nº 003.

Também foram feitos ensaios de impacto de corpo duro nas paredes do protótipo com energias de 2,5 J e 10 J na face interna e de 3,75 J e 20 J na face externa das paredes. Em ambos os casos, conforme Relatório de Ensaio IPT nº 1 133 303-203, atende-se aos critérios da ABNT NBR 15575-4 e Diretriz SINAT Nº 003.

4.1.1.2 Resistência a solicitações transmitidas por portas

A porta do protótipo, fixada com seis parafusos de cabeça chata, fenda cruzada e ponta raspadora de diâmetro do corpo de 4,0 mm e 38 mm de comprimento, sendo três parafusos em cada montante do marco, foi submetida a 10 operações de fechamento brusco e a dois impactos de corpo mole de 240 J no centro da folha, no sentido da abertura e no sentido de fechamento, conforme descrito no Relatório de Ensaio IPT nº 1 133 303-203. Não houve ruptura ou destacamento na interface marco/parede, atendendo-se ao critério da ABNT NBR 15575-4 e Diretriz SINAT Nº 003.

4.1.1.3 Resistência a solicitações de peças suspensas

Foi feito ensaio para verificar a resistência da parede a solicitações de peças suspensas, no qual as mãos francesas utilizadas foram fixadas à parede com parafuso de cabeça sextavada de Ø5,4 mm x 42 mm e ponta broca, com arruela côncava metálica e arruela de EPDM, como descrito no Relatório de Ensaio IPT nº 1 136 663-203.

As cargas aplicadas foram de 80 kgf, 100 kgf e 120 kgf, por um período de 24 horas para cada valor de carga. Os resultados dos ensaios constam no Relatório de Ensaio IPT nº 1 136 663-203. A Tabela 3 traz uma síntese dos resultados e os valores indicados para as cargas de serviço, conforme a ABNT NBR 15575-4.

Tabela 3 – Valores indicados de carga de serviço para peças suspensas na face interna da parede, com a mão francesa padrão, em razão dos resultados obtidos nos ensaios

Carga de ensaio, com duração de 24h (dois pontos) kgf	Carga de serviço (1/2 da carga de ruptura) (dois pontos) kgf	Carga de serviço equivalente, por ponto de fixação kgf	Sistema de fixação adotado
80	40	20	parafuso de cabeça sextavada de Ø5,4 mm x 42 mm e ponta broca, com arruela côncava metálica e arruela de EPDM
100	50	25	
120	60	30	

Assim, conclui-se que os resultados do ensaio de resistência a solicitações de peças suspensas são satisfatórios frente às exigências da ABNT NBR 15575-4 e da Diretriz SINAT N° 003.

4.1.1.4 Resistência a ações verticais

Foram feitos ensaios de compressão excêntrica em três painéis de parede de 1,20 m de largura, 2,50 m de altura e 0,055 m de espessura total para avaliar a resistência das paredes às ações verticais, para o estado-limite último – ELU e para o estado-limite de serviço – ELS. Na Tabela 4 apresenta-se uma síntese dos resultados destes ensaios. A resistência última de projeto (R_{ud}) foi obtida com os resultados dos ensaios registrados na Tabela 4 aplicando-se as equações previstas na norma ABNT NBR 15575-2 com $\gamma_m = 2,0$ e $\xi = 1,5$.

Tomando-se a maior ação vertical prevista no projeto exemplo analisado ($S_k = 0,8$ kN/m) foi calculada a solicitação de projeto para o ELU ($S_{d,u}$, com $\gamma_f = 1,4$), com os resultados apresentados na Tabela 5. A partir desses resultados verifica-se comprovada a condição de que $S_{d,u} \leq R_{ud}$ para o ELU.

Para a análise do ELS, como não houve dano antes da ruptura, arbitrou-se como ação vertical de primeiro dano a ação vertical correspondente a 50 % da menor ação vertical de ruptura obtida no ensaio e, a partir desse valor, calculou-se $S_{d,s}$ e R_{sd} , verificando-se a condição de $S_{d,s} \leq R_{sd}$.

Tabela 4 – Síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica

Corpo-de-prova ensaiado	Carga do primeiro dano (kN/m) ⁽¹⁾	Carga de ruptura (kN/m)	Relatório de ensaio
CP 1	–	110,7	IPT nº 167 863-205
CP 2	–	140,7	
CP 3	–	131,5	

1) Os corpos de prova não sofreram danos antes da ruptura.

Tabela 5 – Síntese da análise dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica

$R_{ud}^{(1)}$	$S_{d,u}$	$R_{sd}^{(1)}$	$S_{d,s}$
38,7 kN/m	1,1 kN/m	38,7 kN/m	1,0 kN/m
⁽¹⁾ Dimensionamento feito considerando as equações da ABNT NBR 15575-2			

As paredes ensaiadas apresentam resistência última de projeto à compressão excêntrica adequada, considerando o uso em casas térreas. Ressalta-se que, para cada projeto específico, deve ser respeitado o valor máximo da resistência última de projeto observada, verificando-se os limites a serem admitidos para as ações verticais atuantes. As análises devem ser sempre complementadas com cálculos estruturais, haja vista os resultados acima serem valores potenciais para trechos de paredes cegas. No projeto estrutural devem ser verificadas outras situações específicas, como presença de vãos e outros detalhes característicos de cada projeto.

4.1.2 Avaliação de desempenho de piso

O desempenho estrutural do sistema de piso, ou seja, dos painéis de piso constituídos por quadros estruturados por perfis de aço zincado e chapas cimentícias de 15,87 mm e revestimento de porcelanato foi avaliado a partir da análise de projeto e dos resultados obtidos nos ensaios de resistência a impactos de corpo mole e corpo duro, e resistência a cargas concentradas, os quais foram realizados com o revestimento de porcelanato.

4.1.2.1 Resistência a impactos de corpo mole e corpo duro

O piso do protótipo foi submetido a ensaios de impacto de corpo mole, com as energias de 120 J, 240 J, 360 J, 480 J e 720 J e 880 J e a impacto de corpo duro com as energias de 5 J e 30 J, como descrito no Relatório de Ensaio IPT nº 1 133 303-203. Os resultados dos ensaios mostram que o sistema de piso atende aos critérios de desempenho da ABNT NBR 15575-4 e da Diretriz SINAT Nº 003, com relação aos critérios de impacto de corpo mole e corpo duro.

4.1.2.2 Resistência à carga vertical concentrada

O piso do protótipo também foi submetido a ensaio de resistência à carga vertical concentrada, com a aplicação de uma carga de 3000 N no centro do piso de um cômodo (sala) e não foram observadas ocorrências, atendendo-se aos critérios da ABNT NBR 15575-3 e da Diretriz SINAT Nº 003.

4.1.3 Avaliação de desempenho da cobertura/forro

Os painéis da cobertura do protótipo foram submetidos ao ensaio de resistência à carga vertical concentrada, com a aplicação de uma carga de 3000 N no centro do painel da cozinha, conforme o

Relatório de Ensaio IPT nº 1 133 308-203 e não ocorreram deslocamentos excessivos ou rompimento, atendendo-se aos critérios da ABNT NBR 15575-5 e da Diretriz SINAT Nº 003.

Foi feito ensaio de resistência ao caminhamento no painel de cobertura, com a aplicação de cargas de 250 N, 500 N, 750 N, 1.000 N e 1.200 N. O máximo deslocamento instantâneo medido durante o ensaio foi de 2,3 mm e o máximo deslocamento residual foi de 0,4 mm, atendendo-se aos critérios da ABNT NBR 15575-5 e da Diretriz SINAT Nº 003.

Também foram aplicados impactos de corpo duro com energias de 1,0 J, 1,5 J e 2,5 J, de acordo com a ABNT NBR 15575-5, no painel de cobertura do dormitório, como consta do Relatório de Ensaio IPT nº 1 133 308-203, não houve ocorrências, sendo que a máxima profundidade de moessa formada no ensaio foi de 0,9 mm.

O painel de forro da sala, com fechamento interno em chapa cimentícia, foi submetido a ensaio de resistência de peças suspensas fixadas em forro, com a aplicação de forças de 20 N, 40 N, 60 N, 80 N, 100 N e 120 N, sendo que não ocorreram falhas nem deslocamentos excessivos. O máximo deslocamento instantâneo verificado durante o ensaio foi de 0,3 mm e o máximo deslocamento residual foi de 0,2 mm. Para a fixação foi utilizado parafuso igual ao da parede, ou seja, com cabeça sextavada de Ø5,4 mm x 42 mm e ponta broca, com arruela côncava metálica e arruela de EPDM.

Assim, conclui-se que o sistema de cobertura, composto por painéis com função de telhado e forro, atende aos critérios da ABNT NBR 15575-3 e da Diretriz SINAT Nº 003, quanto aos requisitos de desempenho estrutural.

4.1.4 Análise global do desempenho estrutural

Foi feita uma análise do memorial de cálculo no qual se consideram as ações permanentes e acidentais e as combinações de ações. Apresentam-se os deslocamentos horizontais, por ações devidas ao vento, os esforços axiais, os momentos fletores e as forças cortantes atuantes no módulo pré-fabricado formado por painéis de parede, cobertura e piso, tendo sido feita a verificação dos esforços solicitantes para as barras mais solicitadas das paredes conforme a ABNT NBR 14762. Também foram feitas as verificações quanto à limitação de esbeltez global das barras e dos elementos da seção (alma e mesa) conforme a norma citada. Para o dimensionamento da estrutura da parte central do módulo foi também utilizada a ABNT NBR 8800. Assim, o sistema construtivo Biobox atende aos requisitos de estabilidade global e desempenho estrutural.

4.2 Estanqueidade à água

A estanqueidade à água do sistema Biobox (módulo pré-fabricado) foi avaliada por meio de ensaios em laboratório em painéis de parede, análise das soluções construtivas de projeto do piso e cobertura e acompanhamento do comportamento de um módulo (protótipo) instalado e exposto a condições atmosféricas reais.

Foram feitos ensaios em laboratório para verificar a estanqueidade à água das paredes de fachada em um painel de parede com 2,60 m de altura e 2,50 m de largura, como descrito no Relatório de Ensaio IPT nº 1 136 662-203. A parede ensaiada foi executada segundo as etapas descritas no item 3.2 e recebeu acabamento com uma demão de textura acrílica. Foram feitos dois ensaios de estanqueidade: antes do choque térmico e após o choque térmico. Em ambos os ensaios, não foram observadas infiltrações, formação de gotas de água aderentes na face interna, nem manchas ou vazamentos, atendendo-se aos critérios da ABNT NBR 15.575-4 e da Diretriz SINAT Nº 003.

A estanqueidade à água do módulo como um todo foi verificada em projeto e sua eficácia foi acompanhada no protótipo, instalado há seis meses no campus do IPT, no qual não existem indícios de penetração de água pelos painéis de parede, cobertura e piso.

A correta adoção dos detalhes construtivos indicados no item 3.1, o acabamento das paredes de fachada com textura acrílica, a execução das calçadas laterais à edificação, com caimento no sentido externo da fachada, e o adequado caimento dos painéis de cobertura que integram o módulo analisado conferem condições adequadas de estanqueidade à água da envoltória da edificação (cobertura e fachadas).

4.3 Desempenho térmico

Foi feita simulação computacional para avaliar o desempenho térmico das edificações que empregam o sistema construtivo objeto deste relatório, conforme a ABNT NBR 15575-4 e o Protocolo de Avaliação do Desempenho Térmico de Sistemas Construtivos para Habitações por Simulações Computacionais do SINAT, publicado em 21/08/21, para a zona climática 3 (Z3) da ABNT NBR 15220-3, considerando a tipologia de casa térrea, conforme projeto padrão estabelecido no Protocolo do SINAT, como descrito no Relatório Técnico IPT nº 167 941-205 para as quais foram consideradas, resumidamente, as seguintes características:

- Paredes externas e internas: com espessura total de 55 mm e isolante de lã de PET, e demais características como descrito nos itens 1 e 3;
- Cobertura: inclinada (5%) de telha trapezoidal de chapa de aço com 0,65 mm de espessura, beiral de 400 mm na parede das paredes frontal e posterior, acabamento em cor clara (absortância à radiação solar de 0,3), isolante de lã de PET, de 75 mm de espessura comprimido em 60 mm e chapa cimentícia interna com espessura de 12,5 mm;
- Piso: chapa cimentícia apoiada sobre quadro metálico apoiado sobre radier com espessura de 100 mm.

Os resultados da simulação indicam que as edificações executadas com o sistema Biobox atendem ao desempenho térmico mínimo previsto na norma ABNT NBR 15575 (partes 1 a 5) nas seguintes condições:

- Na Zona Bioclimática Brasileira 3:
 - Com cores claras nas superfícies externas da fachada e cobertura (com absortância à radiação solar de 0,3);
 - Ambientes de permanência prolongada (dormitórios e salas) com área envidraçada na fachada de 17% da área de piso do recinto, com 45% desta área disponível para ventilação natural dos ambientes.

Na Tabela 6 e Tabela 7 apresentam-se os resultados da avaliação, tanto para a habitação de referência quanto para a avaliada.

Tabela 6 – Critérios de avaliação, obtidos a partir dos resultados das simulações da habitação de referência (PHFT_{UH,ref}; Tomá_{Xapp}; Tomín_{app})

Requisito	Critério: resultado das simulações da habitação de referência para zona bioclimática 3
PHFT _{UH,ref}	74%
Tomá _{Xapp,ref}	33,0 °C
Tomín _{app,ref}	13,8 °C

NOTAS:

- PHFT_{UH,ref} é a porcentagem média de horas dentro das faixas de temperatura de conforto obtida pela habitação com sistema construtivo de referência já multiplicada por 0,9.
- Tomá_{Xapp,ref} é a temperatura operativa máxima anual obtida em ambientes da habitação com o sistema construtivo de referência, já somando-se 2 °C.
- Tomín_{app,ref} é a temperatura operativa mínima anual obtida em ambientes da habitação com o sistema construtivo de referência, já subtraindo-se 1 °C.

Tabela 7 – Resultados e Níveis de desempenho obtidos para a habitação avaliada (PHFT_{UH,real}; Tomáx_{app,real}; Tomín_{app,real})

Requisito	Resultado das simulações da habitação avaliada para zona bioclimática 3
PHFT _{UH,real}	83%
Tomáx _{app,real}	32,7 °C
Tomín _{app,real}	15,4 °C

NOTAS:

- PHFT_{UH,real} é a porcentagem média de horas dentro das faixas de temperatura de conforto obtida pela habitação com sistema construtivo avaliado.
- Tomáx_{app,real} é a temperatura operativa máxima anual obtida em ambientes da habitação com o sistema construtivo de avaliado.
- Tomín_{app,real} é a temperatura operativa mínima anual obtida em ambientes da habitação com o sistema construtivo avaliado.

Assim, verifica-se que se atende ao critério da ABNT NBR 15575-4 e da Diretriz SINAT N° 003 para a zona climática 3.

4.4 Desempenho acústico

Foi feito ensaio em campo para determinação da diferença padronizada de nível ponderada a 2 m de distância da fachada ($D_{2m,nT,w}$) do sistema Biobox (módulo pré-fabricado), com as esquadrias instaladas, classe C ($18db \leq R_w \leq 23db$). Os resultados detalhados constam do Relatório de Ensaio IPT n° 1 138 352-203. Na Tabela 8 apresenta-se uma síntese dos critérios de desempenho e dos resultados de interesse à avaliação.

Tabela 8 – Síntese dos critérios de desempenho, dos valores de referência e do resultado do ensaio de isolamento sonora – isolamento a ruídos externos de fachadas de dormitórios

Classe do ruído	Critério de Desempenho ABNT NBR 15.575-4	Valor de $D_{2m,nT,w}$ determinado em campo (dB)
	Valor Mínimo ($D_{2m,nT,w}$ em dB)	
I	≥ 20	21
II	≥ 25	
III	≥ 30	

Verifica-se que se atende ao critério da ABNT NBR 15575-4 e da Diretriz SINAT N° 003 para Classe de ruído I – Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.

4.5 Durabilidade e manutenibilidade

A avaliação da durabilidade e manutenibilidade do sistema Biobox compreendeu:

- Ensaio para verificação da resistência dos painéis de parede à ação do calor e choque térmico e ensaio de estanqueidade à água antes e após o ensaio de choque térmico;
- Ensaio de determinação da massa de galvanização dos perfis de aço que compõem os quadros estruturais dos painéis de parede, piso e cobertura;
- Ensaio de desempenho da pintura aplicada nos perfis de aço dos quadros estruturais que ficam expostos;
- Acompanhamento do envelhecimento natural de um protótipo instalado há 06 meses, aproximadamente; e

- e) Análise do Manual técnico de uso e manutenção do sistema, elaborado pelo detentor da tecnologia.

4.5.1 Resistência à ação de calor e choque térmico e estanqueidade a água

Foi feito ensaio para verificação da resistência à ação de calor e choque térmico de um trecho de parede com 2,50 m de altura e 2,40 m de largura, montado conforme descrito no item 3. Detalhes deste ensaio são apresentados no Relatório de Ensaio IPT nº 1 136 662-203.

O resultado do ensaio não indicou o surgimento de quaisquer danos na face de incidência do calor nem na face oposta. Portanto, o sistema de paredes avaliado atende ao critério de desempenho relativo à resistência à ação de calor e choque térmico.

Quanto ao critério de estanqueidade à água antes e após o ensaio de choque térmico, não houve infiltração de água.

Portanto, o sistema de paredes avaliado atende ao critério de desempenho relativo à resistência à ação de calor e choque térmico, previsto para fachadas, na Diretriz SINAT Nº 003.

4.5.2 Acompanhamento do envelhecimento natural

Adicionalmente, foi realizado o acompanhamento do envelhecimento natural de um protótipo montado no IPT há aproximadamente seis meses, que permanece exposto às intempéries em atmosfera urbana. O protótipo, constituído de um módulo pré-fabricado, não apresentou ocorrências que comprometam sua vida útil, como mostrado na Figura 33.



a) Vista lateral



b) Vista frontal

Figura 33 – Aspecto do protótipo em maio de 2023.

4.5.3 Determinação da massa de revestimento de zinco dos perfis metálicos

Os perfis de aço usados na estruturação dos quadros dos painéis de parede, piso e cobertura, identificados pela espessura da chapa, de 0,95 mm, 1,55 mm e 2,65 mm, utilizados na produção do sistema Biobox, tem revestimento de zinco classe Z275, portanto, a massa deste revestimento é igual ou maior do que 275 g/m², valor mínimo especificado para ambiente urbano e rural.

4.5.4 Ensaio de desempenho da pintura aplicada nos perfis de aço expostos da estrutural central

Para os perfis de 1,55 mm e 2,65 mm de espessura, utilizados na estrutura central da casa e nos painéis de piso e que ficam expostos aos agentes atmosféricos, prevê-se, além do revestimento de zinco, uma pintura eletrostática a pó, com espessura de 100 µm. Assim, foram realizados ensaios

no perfil de 2,65 mm, conforme a norma ISO 12.944-6:2018¹, para verificar o desempenho desta pintura. O ensaio consiste em submeter os corpos de prova a dez ciclos de exposição, por um período total de 1 680 h. Cada ciclo de exposição tem duração de 7 dias, equivalente a 168 h, e compreende:

- 72 h de exposição à radiação UV e à condensação, sendo composta de períodos alternados de 4 h de exposição à UVA-340 à temperatura de (60±3°C) e à condensação a (50±3°C);
- 72 h de exposição em *salt spray* neutra;
- 24 h de exposição em baixa temperatura (-20±2°C).

Após a exposição, foi avaliado o avanço da corrosão, de acordo com a norma ISO 12944-6 e os corpos de prova foram submetidos a ensaio de aderência do revestimento conforme a norma ISO 2409. Os resultados completos constam do Relatório Técnico IPT nº 1 139 890-205. Na Tabela 9 e Tabela 10 apresenta-se uma síntese destes resultados.

Tabela 9 – Resultados da avaliação do desempenho de pintura eletrostática a pó em chapa de aço galvanizado, conforme Relatório Técnico IPT nº 1 139 890-205: exame visual e avanço da corrosão a partir da incisão após 1 680 h de ensaio cíclico da norma ISO 12944-6

Corpo de Prova	Exame Visual		Avanço médio na incisão (mm)	
	Resultado	Requisito	Resultado	Requisito
1	Sem alterações	Sem alterações	0,8	3 mm (máximo)
2	Sem alterações	Sem alterações	1,3	
3	Sem alterações	Sem alterações	0,6	

Tabela 10 – Resultados da avaliação do desempenho de pintura eletrostática a pó em chapa de aço galvanizado, conforme Relatório Técnico IPT nº 1 139 890-205: aderência após 1 680 h de ensaio cíclico da norma ISO 12944-6

Corpo de Prova	Resultado	Requisito
1	2	Admissível grau 0 a 2
2	2	
3	2	

Conclui-se que a pintura eletrostática a pó, aplicada sobre o perfil de aço galvanizado de 2,65 mm de espessura, atende aos requisitos da norma ISO 12944-6, para o período de pelo menos 25 anos (ISO 12944-6) e classificação ambiental de alta corrosividade (categoria C4 da ISO 12944-6).

4.6 Desempenho ao fogo

Para a avaliação do desempenho ao fogo dos módulos pré-fabricados, as chapas cimentícias, responsáveis pelo fechamento dos painéis, foram consideradas não combustíveis (pois são produzidas basicamente de material cimentício e fibra de vidro) e o isolante de lã de PET, combustível classe IIA. Assim, foram realizados ensaio de reação ao fogo (*Single Burning Item – SBI*) dos painéis de parede, para verificar a reação ao fogo dos painéis de fechamento e da lã de PET. Quanto à resistência ao fogo, foi realizado ensaio também nos painéis de parede, por ser o principal elemento estrutural do sistema construtivo.

¹ ISO 12.944-6:2018¹ *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 6: Laboratory performance test methods* – Tabela 1, Regime 2 e classe C4.

Os resultados obtidos em ensaio demonstram que a parede apresentou resistência ao fogo, no grau corta-fogo, pelo período de 30 minutos, conforme apresentado no Relatório de Ensaio IPT nº1 133 208-205, durante o qual foi aplicada uma carga uniformemente distribuída de 0,8 kN/m. Em razão dos resultados do ensaio, considera-se atendido o critério de resistência ao fogo de 30 minutos da ABNT NBR 15575 e da Diretriz SINAT Nº 003.

Para a avaliação da reação ao fogo foi feito o ensaio *Single Burning Item (SBI)*, como descrito no Relatório de Ensaio IPT nº1 129 238-205, cujos resultados são mostrados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados do ensaio SBI, conforme Relatório de Ensaio IPT nº1 129 238-205

Parâmetro analisado	Valores obtidos
FIGRA _{0,2MJ} (W/s)	10,1
FIGRA _{0,4MJ} (W/s)	10,1
THR _{600s} (MJ)	1,3
SMOGRA (m ² /s ²)	Limiar não alcançado
TSP _{600s} (m ²)	25,8
LFS (sim ou não)	não
Gotejamento de partículas em chamas (sim ou não)	não

Pelos resultados apresentados na Tabela 11 verifica-se que os painéis de parede do módulo pré-fabricado podem ser classificados como classe IIA, atendendo-se aos critérios da ABNT NBR 15575-4 e da Diretriz SINAT Nº 003 quanto à reação do fogo, assim como os painéis de cobertura pela similaridade da configuração com o painel de parede, no que se refere às chapas cimentícias na face interna e à lã de PET no seu interior.

5. CONTROLE DA QUALIDADE

Foram feitas auditorias técnicas na fábrica e em unidades em uso do sistema modular da Biobox para verificar o controle da qualidade do processo de produção, conforme a Diretriz SINAT Nº 003. Nas auditorias foram verificados os aspectos de controle da qualidade dos materiais, da fabricação das chapas cimentícias, da fabricação dos painéis e da montagem em local definitivo, que devem ser continuamente controlados pelo proponente da tecnologia ou pelas empresas licenciadas para sua utilização.

A Biobox possui procedimentos de produção que especificam a organização da fábrica, com os respectivos setores de produção e fluxogramas das várias etapas de produção. Há também procedimentos de fabricação e controle de montagem final detalhados para todas as etapas. Quanto as chapas cimentícias, por serem produzidas pelo próprio detentor da tecnologia, elas serão objeto de verificação por meio de ensaios e por lote, com relação minimamente a densidade, absorção de água, variação dimensional e resistência à flexão.

Os controles são baseados em documentos técnicos que preveem controle da qualidade dos projetos, do recebimento de materiais, da fabricação e montagem em campo. A proponente da tecnologia é responsável pelo desenvolvimento destes documentos técnicos de controle e pela sua aplicação durante a execução das obras, o que foi constatado na fábrica e na obra auditada.

Foram analisados também os documentos que comprovam a rastreabilidade dos materiais aplicados na fábrica.

Durante o período de validade deste DATec serão realizadas auditorias técnicas a cada 6 (seis) meses para verificação dos controles realizados pela Biobox no processo de produção e no produto final.

6. FONTES DE INFORMAÇÃO

As principais fontes de informação são os documentos técnicos da empresa e os Relatórios Técnicos emitidos pelo IPT.

6.1 Documentos da empresa

- Apresentação do negócio Biobox;
- Projetos técnicos PopHouse - Biobox;
- Memorial de cálculo da casa PopHouse - Biobox;
- Caderno da fábrica Biobox;
- Caderno de instruções de trabalho Biobox;
- Caderno de fluxograma de processo Biobox;
- Caderno de instalação da casa Biobox;
- Manual técnico de uso e manutenção do sistema (Manual do proprietário), elaborado pela Proponente da tecnologia.

6.2 Relatórios Técnicos e Relatórios de Ensaio

- Relatório Técnico IPT nº 1 169 349-205, Auditoria técnica inicial na produção do sistema construtivo da BIOBOX, de paredes de *light steel frame* para casas térreas isoladas, (Maio, 2023);
- Relatório Técnico IPT nº 1 169 346-205, Avaliação técnica de sistema construtivo formado por módulos de painéis pré-fabricados estruturados por perfis de aço galvanizado e fechamento com chapas de UHPC (*Ultra High Performance Concrete*), para casas térreas isoladas, (Maio, 2023);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 139 890-203, Determinação da massa por unidade de área e da aderência de revestimento de zinco, (Abril, 2023);
- Relatório Técnico IPT nº 169 248-205 - Ensaio de desempenho em revestimentos de diferentes fornecedores, (Abril, 2023);
- Relatório Técnico IPT nº 167 941-205, Avaliação do desempenho térmico de casa térrea isolada com sistema construtivo com painéis "UHPC" na Zona Bioclimática Brasileira 3, (Outubro, 2022);
- Relatório Técnico IPT nº 167 863-205, Ensaio de compressão excêntrica em painéis de parede constituídos por perfis de aço (*steel frame*) e chapas de UHPC (*ultra high performance concrete*) e de gesso, (Outubro, 2022);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 134 952-203, Determinação da massa por unidade de área e da aderência de revestimento de zinco, (Abril, 2023);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 138 352-203, Determinação do isolamento ao ruído aéreo de um elemento de vedação vertical externa de dormitório, (Janeiro, 2023);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 136 710-203, Determinação de condutividade térmica, (Novembro, 2022);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 134 814-203, Ensaio de determinação de propriedades de transmissão de vapor de água, (Setembro, 2022);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 133 663-203, Ensaio de desempenho (Peças suspensas), (Novembro, 2022);

- Relatório de Ensaio IPT nº 1 133 662-203, Verificação de sistema de vedação vertical externa quanto à resistência a ação do calor e choque térmico e estanqueidade à água, (Novembro, 2022);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 133 308-203, Verificação do desempenho de sistema de cobertura (resistência às cargas concentradas, resistência de peças fixadas em forro, resistência ao impacto em telhados, resistência ao caminhamento), (Novembro, 2022);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 133 307-203, Verificação do desempenho de sistema de piso (impactos de corpo mole e corpo duro e carga vertical concentrada), (Novembro, 2022);
- Relatório de Ensaio IPT nº1 133 303-205, Ensaio de desempenho (impactos de corpo duro e corpo mole e solicitações de portas), (Novembro, 2022);
- Relatório de Ensaio IPT nº1 133 208-205, Determinação da resistência ao fogo de parede com função estrutural, (Junho, 2022);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 129 238-203, Determinação do desempenho quanto à reação ao fogo, (Fevereiro, 2022).

6.3 Referências normativas

- ABNT NBR 6355 (2012): Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização;
- ABNT NBR 8800 (2008): Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- ABNT NBR 14762 (2010): Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio;
- ABNT NBR 15220-2 (2022): Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Componentes e elementos construtivos das edificações – Resistência e transmitância térmica – Métodos de cálculo;
- ABNT NBR 15498 (2021): Chapas cimentícias reforçadas com fios, fibras, filamentos ou telas – Requisitos e métodos de ensaio;
- ABNT NBR 15575-1 (2021): Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais;
- ABNT NBR 15575-2 (2013): Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- ABNT NBR 15575-3 (2013): Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- ABNT NBR 15575-4 (2021): Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE;
- ABNT NBR 15575-5 (2021): Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de cobertura;
- DIRETRIZ SINAT Nº 003 – Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas”, revisão 02 (2016);
- ISO 2409 (2020): *Paints and varnishes – Cross-cut test*;
- ISO 12944-6 (2018): *Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 6: Laboratory performance test methods*.

7. CONDIÇÕES DE EMISSÃO DO DATEC

Este Documento de Avaliação Técnica, DATec, é emitido nas condições descritas, conforme Regimento Geral do SINAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais, Capítulo VI, Art. 22:

- a) O Proponente, **BB Licenciadora Ltda.**, 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, no mínimo nas condições de qualidade e desempenho que foram avaliados no âmbito do SINAT;
- c) O Proponente deve produzir o produto de acordo com as especificações, normas e regulamentos aplicáveis, incluindo a Diretriz SINAT nº 003;
- 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.

O Proponente, **BB Licenciadora Ltda.**, compromete-se a:

- a) Manter o produto “Sistema construtivo Biobox: módulos pré-fabricados de painéis estruturados por perfis leves de aço e fechamento com chapas cimentícias, para casas térreas isoladas”, seus materiais, componentes e o processo de produção alvo deste DATec no mínimo 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/construtora e ao usuário final.

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

O SINAT e a Instituição Técnica Avaliadora, no caso o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, 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, 30 de agosto de 2023