



Av. Prof. Almeida Prado, 532
Cidade Universitária - Butantã
CEP 05508-901
São Paulo - SP
Tel: (11) 3767-4164
Fax: (11) 3767-4961
lcs@ipt.br / www.ipt.br

Produto

Sistema construtivo HOBRAZIL de paredes maciças moldadas no local, de concreto leve com polímero e armadura de fibra de vidro protegida com poliéster

Proponente

HOBRAZIL Sistema Construtivo Ltda.

Rua José Sierra, 173 A, Centro Empresarial Eldorado
CEP 12238-571, São José dos Campos – SP
Tel: (12) 3933-6341
Home page: <http://www.hobrazil.com.br>
e-mail: hobrazil@hobrazil.com.br



SINAT

Emissão:
junho de 2011

Validade:
maio de 2013

Considerando a avaliação técnica coordenada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, e a decisão do Comitê Técnico, de 12/05/2011, a Comissão Nacional, em sua reunião de 03/06/2011, resolveu conceder ao “Sistema construtivo HOBRAZIL de paredes maciças, moldadas no local, de concreto leve com polímero e armadura de fibra de vidro protegida com poliéster” o Documento de Avaliação Técnica Nº 005. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o sistema construtivo, destinado à construção de unidades habitacionais térreas e sobrados, isolados e geminados, e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.

DATEc
Nº 005

Limites da avaliação técnica do “Sistema construtivo HOBRAZIL de paredes maciças, moldadas no local, de concreto leve com polímero e armadura de fibra de vidro protegida com poliéster”:

- Para a avaliação do sistema construtivo considerou-se como elementos inovadores as paredes moldadas no local de concreto leve com polímero e armadura de fibra de vidro protegida com resina de poliéster;
- Os componentes e elementos convencionais devem atender às normas técnicas correspondentes e foram analisados apenas no caso em que se observou interface com as paredes e influência no desempenho do sistema construtivo;
- A avaliação foi realizada considerando o emprego do sistema construtivo em unidades habitacionais unifamiliares isoladas e geminadas, tanto térreas quanto sobrados;
- O desempenho térmico foi avaliado para as zonas bioclimáticas 3, 4 e 7, representadas, respectivamente, pelas cidades de São Paulo, Brasília e Cuiabá;
- A avaliação do desempenho acústico limitou-se à verificação das paredes cegas. Assim, os caixilhos devem apresentar isolamento sonora adequada para garantir o desempenho acústico das paredes de fachada;
- A estanqueidade à água da fachada foi avaliada em projeto, sem análise específica da estanqueidade à água do caixilho;
- A análise da durabilidade compreendeu a avaliação de dois requisitos considerados importantes para o sistema construtivo: a resistência da parede ao choque térmico e a capacidade da armadura de fibra de vidro protegida com resina de poliéster resistir ao ataque alcalino provocado pelo concreto;
- Este DATEc não se aplica a obras executadas com o sistema construtivo antes da data de sua emissão.

O “sistema construtivo HOBRAZIL de paredes maciças moldadas no local, de concreto leve com polímero e armadura de fibra de vidro protegida com resina poliéster” é caracterizado pela utilização de paredes estruturais maciças de concreto, moldadas no local. As paredes são armadas com telas de fibra de vidro tipo Álcali Resistente – AR e o concreto é produzido com aditivo polimérico.

O processo de produção do sistema construtivo caracteriza-se por ciclos de produção que compreendem, basicamente, as seguintes etapas:

- 1º Montagem das fôrmas e da armadura;
- 2º Posicionamento dos componentes das instalações hidráulica e elétrica embutidos nas paredes e dos gabaritos para a determinação de vãos de portas e janelas;
- 3º Concretagem das paredes;
- 4º Desenforma;
- 5º Execução da laje de forro e da cobertura;
- 6º Colocação das esquadrias, execução dos revestimentos, acabamentos e instalações.

A Figura 1 mostra duas das etapas citadas anteriormente na construção de casas térreas isoladas: a desenforma e a montagem das fôrmas das paredes.



Figura 1 – Vista geral da desenforma e da montagem das fôrmas das paredes

1 Descrição do sistema construtivo

Trata-se de um sistema construtivo composto por paredes maciças de concreto leve armadas com telas de fibra de vidro tipo AR protegida com resina poliéster. As paredes, tanto internas quanto externas, possuem 10cm de espessura. Em casas e sobrados geminados a separação entre unidades é composta de duas paredes independentes de 10cm de espessura cada uma, configurando-se duas unidades habitacionais contíguas independentes.

A fundação é determinada para cada local de implantação das unidades habitacionais, considerando pareceres de especialistas em geotecnia e fundações de acordo com o projeto de fundações. Em qualquer caso as paredes são apoiadas à fundação de forma contínua ao longo de todo o seu comprimento.

O concreto utilizado na produção das paredes possui massa específica aproximada de 1.900 kg/m^3 e resistência característica à compressão de 14 MPa.

A tela de fibra de vidro tipo AR, protegida com resina poliéster, utilizada como armadura das paredes, possui malha quadrada de 150mm, com fios retangulares de 4mm x 2mm.

A armadura de telas de fibra de vidro é colocada de forma centralizada em relação à espessura das paredes, em posições pré-determinadas, conforme cada projeto específico. Em geral, são colocadas nas bases e na faixa de respaldo das paredes, nos encontros entre paredes, ao redor dos vãos de portas e janelas e em vergas e contra-vergas.

As fôrmas utilizadas para a moldagem das paredes podem ser constituídas por painéis de aço ou alumínio. Na auditoria técnica inicial, realizada na obra do Residencial Liberdade III em Pindamonhangaba – SP, verificou-se o emprego de fôrmas de alumínio.

As lajes são constituídas de pré-lajes de concreto armado de 3,5cm de espessura e capeamento de concreto de 6,5cm, resultando em 10cm de espessura total e a cobertura é constituída de estrutura de madeira e telhas cerâmicas.

A avaliação técnica não contemplou elementos e componentes convencionais, como fundações, cobertura, instalações elétricas e hidráulicas, esquadrias e revestimentos, dentre outros. Ressalta-se que devem ser atendidas as respectivas normas técnicas brasileiras.

1.1 Condições e limitações de uso

O sistema construtivo HOBRAZIL destina-se à utilização em unidades habitacionais unifamiliares térreas, isoladas e geminadas, e sobrados unifamiliares isolados e geminados, em que as paredes e lajes de concreto são estruturais, não podendo ser demolidas total ou parcialmente. Qualquer modificação em paredes e lajes, como abertura de vãos e rasgos para instalações hidráulicas e elétricas, deve ser previamente acordada com a HOBRAZIL, na fase de projeto do edifício. Os cuidados na utilização constam do Manual de Operação, Uso e Manutenção (Manual do Proprietário), elaborado pela HOBRAZIL para cada empreendimento.

2 Diretriz para avaliação técnica

A avaliação técnica foi realizada de acordo com a DIRETRIZ SINAT N° 001 – “Diretriz para Avaliação Técnica de sistemas construtivos em paredes de concreto armado moldadas no local”, Revisão 01, de agosto de 2010.

3 Informações e dados técnicos

3.1.1 Principais materiais, componentes, elementos e equipamentos

- a) **Concreto:** o concreto empregado nas paredes é produzido com cimento, areia, brita, água, fibra de náilon e aditivo polimérico. Possui massa específica, aproximada, de 1.900 kg/m^3 e resistência característica à compressão $f_{ck} = 14 \text{ MPa}$. A resistência mínima, na desenforma a 12 horas, é de 1,0 MPa. O concreto empregado na laje possui f_{ck} especificado em projeto de 25 MPa;
- b) **Aditivo polimérico:** aditivo HO 200, à base de estireno butadieno e tensoativos, com ação plastificante, de incorporação de ar e de proteção da fibra de vidro contra o ataque alcalino do concreto, caracterizado com pH entre 5,8 e 7,0, teor de sólidos entre 37,4% e 39,5%, massa específica entre $1,12 \text{ g/cm}^3$ e $1,13 \text{ g/cm}^3$ e teor de íons cloreto entre 0,5% e 0,6%, conforme Relatório de Ensaio IPT n° 980 109-203;

- c) **Armadura:** a armadura de fibra de vidro e resina poliéster possui fios de seção retangular de 4mm x 2mm, produzidos pelo processo de pultrusão. A resistência média à tração dos fios de armadura, obtida em ensaios, foi de 805,6 MPa, conforme Relatório Técnico IPT nº 117 848-205;
- d) **Elementos estruturais e de vedação:** as paredes internas e externas das unidades habitacionais, que possuem funções estruturais, bem como as lajes, possuem 10cm de espessura. Já as paredes divisórias de separação entre unidades habitacionais geminadas são constituídas de duas paredes independentes de 10cm de espessura cada uma;
- e) **Fôrmas:** as fôrmas são constituídas por painéis estruturados de aço ou alumínio, fixados por meio de chapas de aço passantes, que atuam como tirantes (tensores) e impedem a abertura da fôrma durante a concretagem. Na Figura 2 mostra-se a utilização de fôrma de alumínio e na Figura 3, o detalhe dos tensores;



Figura 2 – Vista geral das fôrmas

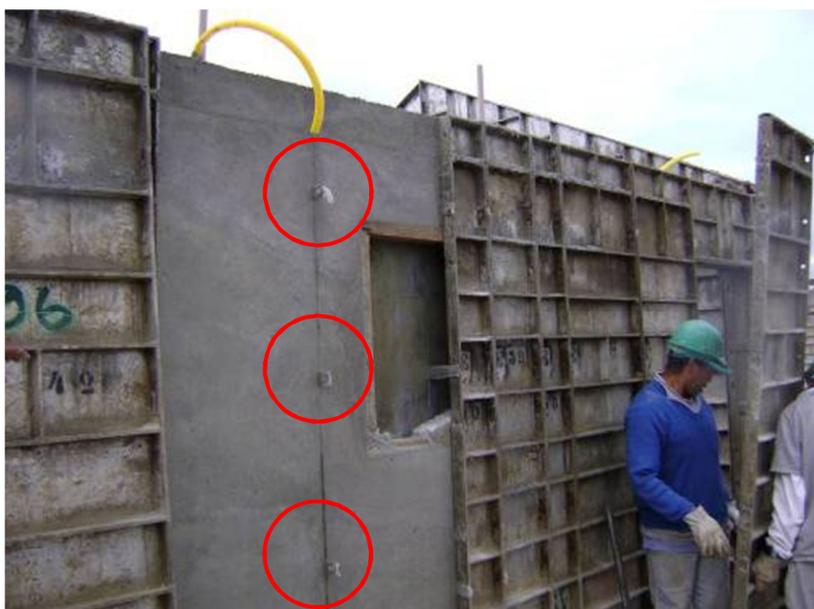


Figura 3 – Chapas metálicas (tensores) de travamento dos painéis de fôrma

- f) **Revestimentos e acabamentos:** os revestimentos das paredes internas de áreas molháveis e molhadas (cozinha, banheiro e área de serviço) são constituídos de placas cerâmicas, aplicadas com argamassa colante tipo AC I diretamente sobre a parede de concreto. No banheiro o revestimento cerâmico é aplicado até 1,80m de altura no box e 1,50m nas demais paredes. Na cozinha as placas cerâmicas são assentadas em toda a parede onde está instalada a pia do piso ao teto. Nas paredes e tetos de áreas secas e nas paredes das áreas molháveis, que não recebem revestimento cerâmico, aplica-se textura acrílica. O revestimento de piso é de placas cerâmicas. As paredes externas também são revestidas com textura acrílica após a aplicação de “estucamento”;
- g) **Argamassa de “estucamento”:** as paredes recebem “estucamento” logo após a desenforma, que consiste na aplicação de uma argamassa para o tamponamento dos furos deixados pelos tensores e correção da porosidade superficial do concreto. Essa argamassa é constituída de argamassa colante ACII preparada com uma solução de aditivo HO 100 e água na proporção de uma parte de aditivo para cinco partes de água. Esta argamassa, em razão do acabamento superficial necessário, pode ser substituída por uma pasta;
- h) **Equipamentos:** o principal equipamento utilizado no processo de produção é o misturador de concreto, empregado com a dupla função de misturar e lançar o concreto nas fôrmas, quando se utiliza concreto produzido na obra. Caso o concreto seja produzido em central utiliza-se uma bomba convencional. Os demais equipamentos são manuais.

3.1.2 Procedimentos de execução

As etapas de execução do sistema construtivo, apresentadas a seguir, foram acompanhadas nas visitas técnicas realizadas à obra do Residencial Liberdade III em Pindamonhangaba – SP, de responsabilidade da PREDIAL SUZANENSE.

- a) Após a execução da fundação, no caso da obra analisada, constituída de radier, procede-se à marcação da posição das paredes. Para isso utiliza-se um quadro metálico, que também tem a função de determinar o esquadro das paredes externas (Figura 4);



Figura 4 – Quadro metálico para a marcação das paredes posicionado sobre o radier

- b) Os painéis de fôrma são limpos (Figura 5) e é aplicado desmoldante à base de óleos minerais (Figura 6);



Figura 5 – Limpeza dos painéis de fôrma



Figura 6 – Aplicação de desmoldante no painel de fôrma

- c) Em seguida, são posicionadas as caixas elétricas, os eledrodutos, os negativos de vãos de portas e de janelas e as telas da armadura de fibra de vidro em posições pré-determinadas em projeto. Em geral as telas da armadura são colocadas nas bases das paredes, nos encontros entre paredes, na altura de respaldo das paredes e ao redor dos vãos de portas e janelas, tanto na vertical como em vergas e contravergas (Figura 7);



Figura 7 – Montagem da armadura, eletrodutos e negativo de janela (obs.: ainda falta a colocação da tela no lado direito da janela)

- d) Utilizam-se espaçadores plásticos (modelo S 40, com diâmetro aproximado de 84mm e cobertura especificado de 40mm da Jeruelplast) na armadura, para evitar o seu contato com a face da fôrma (Figura 8);



Figura 8 – Espaçador plástico empregado na armadura

- e) Na ligação entre paredes a 90°, em “T” ou em cruz, são utilizadas peças de armadura de reforço em “L”. Estas peças possuem 70cm de comprimento total e lados de 35cm e são posicionadas, no máximo, a cada 30cm;
- f) Para a ligação entre os pavimentos de sobrados utiliza-se uma tela adicional, também de malha 150mm, com 45cm de largura e fios de 5mm x 3mm ao longo de todo o comprimento das paredes externas (Figura 9). Essa ligação implica em um traspasse aproximado de 15 cm, tanto para a parede inferior quanto para a parede superior;



Figura 9 – Tela de ligação entre dois pavimentos em sobrados

- g) Concluída a montagem das fôrmas e da armadura é feita a concretagem. Pode-se tanto utilizar concreto produzido na própria obra quanto concreto usinado. O concreto é lançado com bomba diretamente nas fôrmas. Quando se utiliza concreto produzido em obra a medida das quantidades de cimento e de fibras é feita em massa; dos agregados e da água em massa ou volume; e do aditivo em volume. Para a medida das quantidades de agregados em volume utilizam-se padiolas metálicas (Figura 10). A mistura e o lançamento são feitos com uma misturadora e bomba de eixo horizontal (Figura 11).



Figura 10 – Padiolas para o proporcionamento do concreto



Figura 11 – Equipamento para mistura e lançamento do concreto

- h) A desenforma das paredes é feita após 12 horas da concretagem, desde que a resistência seja igual ou superior a 1 MPa. Logo após a desenforma os furos deixados pelas barras de ancoragem das fôrmas e as possíveis falhas de concretagem são recuperadas com argamassa constituída de argamassa colante ACII, preparada com uma solução de aditivo HO 100 e água na proporção de uma parte de aditivo para cinco partes de água.
- i) Em seguida, colocam-se as pré-lajes e os escoramentos e procede-se à concretagem da laje e, para o caso de casas térreas, executa-se a cobertura.

4 Avaliação técnica

A avaliação técnica do “Sistema construtivo HOBRAZIL de paredes maciças moldadas no local, de concreto leve com polímero e armadura de fibra de vidro protegida com poliéster” foi conduzida conforme a DIRETRIZ SINAT N° 001 – Revisão 01, de agosto de 2010, a partir da análise de projetos e especificações técnicas, ensaios em laboratório e em campo, vistorias em unidades habitacionais em execução e já concluídas e demais avaliações que constam dos Relatórios do IPT citados no item 6.2.

4.1 Desempenho estrutural

Foram feitos ensaios de impacto de corpo mole e de peças suspensas, conforme o Relatório de Ensaio IPT n° 999.310-203 e Relatório de Ensaio IPT n° 999 309-203 e não foram verificadas ocorrências, concluindo-se que as paredes do sistema construtivo atendem às exigências da DIRETRIZ SINAT N° 001 – Revisão 01.

Prevendo-se a utilização do sistema construtivo em sobrados foi feito ensaio de compressão excêntrica nas paredes, conforme Relatórios Técnicos IPT n.º 116 065-205 e n.º 117 848-205, foram feitas as análises da resistência última de projeto (R_{ud}) e da resistência de serviço (R_{sd}). Concluiu-se que as paredes ensaiadas apresentaram resistência à compressão excêntrica adequada, considerando o uso em casas térreas e sobrados até o limite admissível em projeto. Entretanto, 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 cargas atuantes.

O comprimento máximo das paredes é limitado a 14m, a partir do qual deve-se fazer junta de controle.

4.2 Estanqueidade à água

A estanqueidade à água foi verificada para elementos internos em áreas molháveis e sujeitos à ação da água de uso e lavagem dos ambientes, e para elementos externos, sujeitos à ação da água de chuva. A avaliação foi feita mediante análises de projetos e visitas em obra.

As paredes externas recebem estucamento e textura acrílica que promovem a vedação de microporos existentes na superfície das fachadas, contribuindo na impermeabilização destas superfícies.

As paredes de concreto do sistema construtivo avaliado tem potencial para atender ao critério de estanqueidade à água nas cinco regiões apresentadas na NBR 15.575/08, considerando-se que as esquadrias das paredes de fachada devem atender aos critérios da NBR 10.821. Assim as paredes atendem à DIRETRIZ SINAT Nº 001 – Revisão 01.

No caso das paredes de fachada de casas e sobrados geminados que se caracterizam como unidades habitacionais contíguas independentes a junta existente entre as unidades na parede de fachada deve ser tratada com selante que impeça a penetração de água. Quando as unidades contíguas estão no mesmo nível, pode ser aplicado perfil de arremate na junta, em alumínio, PVC ou borracha. Quando as unidades estão em níveis diferentes, é aplicado perfil pré-formado de borracha ou outro material flexível.

Quanto à interface entre as paredes externas e as janelas, tem-se que a fixação das janelas de aço ou de alumínio é feita por meio de parafusos e buchas. A interface entre o marco da janela de aço e a parede é preenchida com argamassa colante ACII aditivada com resina acrílica HO 100 antes da fixação da janela, o que favorece a obtenção da estanqueidade nessa interface em razão da presença do aditivo e do próprio preenchimento. Para o caso de janela de alumínio é aplicado silicone nessa interface.

No banheiro aplica-se azulejo até 1,80m de altura nas paredes do box e 1,50m de altura nas demais paredes. Na cozinha os azulejos são assentados em toda a parede onde está instalada a pia desde o piso até o teto.

As paredes do banheiro, box e cozinha recebem textura onde não há a aplicação de revestimento cerâmico. Embora a textura auxilie na obtenção da estanqueidade esta pode ser comprometida ao longo do tempo, caso não haja uma manutenção adequada desse acabamento. Entretanto, a manutenção é prevista no Manual de Uso e Manutenção do imóvel.

Com relação aos pisos a estanqueidade à água é obtida pelo revestimento cerâmico, pelos caimentos e pelas diferenças de cota entre os pisos internos e externos e entre pisos e áreas molháveis e de áreas secas. Observou-se em projeto a diferença de cotas prevista entre o piso externo e interno da edificação, o que é uma prática recomendada. É mantida também uma diferença de cota entre pisos de áreas molháveis/molhadas e áreas secas.

4.3 Desempenho térmico

A avaliação de desempenho térmico foi feita por meio de simulações computacionais realizadas para as Zonas Bioclimáticas 3, 4 e 7, como descrito nos Relatórios Técnicos IPT nº 113 267-205 e nº 114 957-205.

Considerou-se na realização da simulação térmica uma casa térrea com as seguintes características:

- Paredes externas e internas com espessura total de 10cm, constituídas por paredes maciças de concreto leve, com polímero “HO-200”, com massa específica da ordem de 1.900 kg/m^3 ;
- Pé direito de 2,60m;
- Laje de forro horizontal composta por pré-lajes de concreto tradicional, com espessura de 3cm e capa de 5cm de concreto leve, conforme descrito acima para as paredes;
- Telhado de telhas cerâmicas;

- Janelas dos dormitórios, com tipologia “de correr”, dimensões de 120cm x 120cm, compostas por caixilhos de aço, com duas folhas de vidro liso incolor transparente com 3mm de espessura;
- Janela da cozinha, com tipologia “basculante”, dimensões de 80cm x 100cm, composta por caixilho de aço e vidro liso incolor transparente com 3mm de espessura;
- Janela da sala, com tipologia “de correr”, dimensões de 120cm x 120cm, composta por caixilho de aço, com duas folhas de vidro liso incolor transparente com 3mm de espessura;
- Janela do banheiro, com tipologia “basculante”, dimensões de 80cm x 60cm, composta por caixilho de aço e vidro liso incolor transparente com 3mm de espessura;
- Portas dos dormitórios, com tipologia “de abrir”, dimensões 82cm x 210cm, de madeira;
- Porta do banheiro, com tipologia “de abrir”, dimensões 72cm x 210cm, de madeira, com batente de aço;
- Porta da sala e área de serviço, com tipologia “de abrir”, dimensões 82cm x 210cm, composta por caixilho de alumínio e folha do mesmo material, com aproximadamente 60% de sua área com vidro liso incolor com espessura de 3mm;
- Absortância à radiação solar da superfície externa das paredes igual a 0,3 (cor clara), 0,5 (cor média) e 0,7 (cor escura).

Constatou-se que o sistema construtivo da HOBRAZIL, considerando o projeto da edificação avaliado, atende ao critério de desempenho térmico para unidades térreas isoladas no período de verão, desde que sejam consideradas as condições descritas a seguir. Ressalva-se que no período de inverno, é atendido o desempenho térmico “Mínimo” em todas as zonas climáticas analisadas.

Na Zona Bioclimática 3, representada pela cidade de São Paulo, no período de verão, é atendido o critério referente ao nível de desempenho “Mínimo”, em todos os recintos, somente com o emprego de cores claras no acabamento externo das paredes, sombreamento das aberturas e ventilação dos ambientes. Com cores médias ou escuras, não é atendido o nível “Mínimo”.

Na Zona Bioclimática 4, representada pela cidade de Brasília, no período de verão é atendido o critério referente ao nível de desempenho “Mínimo”, com o emprego de cores claras e médias no acabamento externo das paredes. Com cores escuras, é atendido o nível “Mínimo” apenas se forem garantidos, simultaneamente, o sombreamento das janelas e a ventilação dos ambientes. No período de inverno, é alcançado o nível de desempenho “Mínimo” com cores claras e médias no acabamento externo das paredes e “Intermediário” com cores escuras, conforme o Relatório Técnico IPT nº 114 957-205.

Na Zona Bioclimática 7, representada pela cidade de Cuiabá, no período de verão é atendido o critério referente ao nível de desempenho “Mínimo” com o emprego de cores claras e médias no acabamento externo das paredes. Com cores claras associadas à ventilação dos ambientes e o sombreamento das janelas é atingido o nível de desempenho “Intermediário”. Com cores escuras é atingido o nível de desempenho “Mínimo” somente com o sombreamento das janelas e a ventilação dos ambientes, conforme o Relatório Técnico IPT nº 114 957-205.

As condições descritas anteriormente são mostradas resumidamente na Tabela 1.

Embora não tenham sido feitas simulações de desempenho térmico para sobrados e para as demais Zonas Bioclimáticas, em razão de o sistema construtivo possuir paredes externas de 10cm, concreto de 1.900 kg/m³ e laje de 10cm conclui-se que o sistema construtivo tem potencial para atender aos critérios de desempenho térmico previstos na DIRETRIZ SINAT Nº 001 – Revisão 1, para as demais Zonas Climáticas, respeitando-se as condições descritas na respectiva Diretriz.

Tabela 1 – Condições necessárias para a obtenção do nível de desempenho térmico mínimo de casas térreas nas zonas 3, 4 e 7 no verão

Zonas Bioclimáticas	Cor do acabamento externo das paredes ^(a)			
	Condição padrão ^(b)	Com sombreamento ^(c)	Com ventilação ^(d)	Com sombreamento e ventilação
3	Não atende	Atende apenas com cor clara	Atende apenas com cor clara	Atende apenas com cor clara
4	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média	Atende com qualquer cor ^(e)
7	Atende com cor clara ou média	Atende com qualquer cor ^(e)	Atende com qualquer cor ^(e)	Atende com qualquer cor ^(e)

Notas:

- (a) Absortância à radiação solar da superfície externa das paredes igual a 0,3 (cor clara), 0,5 (cor média) e 0,7 (cor escura);
- (b) Condição padrão: ambientes com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0 Ren/h) e janelas sem sombreamento;
- (c) Condição de sombreamento: proteção solar externa ou interna que impeça a entrada de radiação solar direta ou reduza em 50% a incidência da radiação solar global no ambiente;
- (d) Condição de ventilação: ambiente ventilado a uma taxa de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0 Ren/h);
- (e) Recomenda-se evitar o uso de cores excessivamente escuras, com elevada absortância à radiação solar.

A laje considerada na simulação térmica é um pouco diferente da atualmente definida pela HOBRAZIL neste DATec, com pré-laje de 3,5cm e capeamento de concreto comum de 6,5cm. Entretanto, o IPT avaliou que os resultados podem ser adotados para esta laje de 10cm.

Analogamente, a telha considerada para a realização da simulação térmica foi telha cerâmica. Entretanto, a HOBRAZIL declarou que também pode utilizar telha de concreto com no mínimo 11mm de espessura o que, de acordo com a DIRETRIZ SINAT N° 001 – Revisão 1, de agosto de 2010, item 3.5., atende ao desempenho térmico sem a necessidade de realização de ensaios.

4.4 Desempenho acústico

Foi realizado ensaio em laboratório para a determinação do índice de isolamento sonora ponderado (R_w) das paredes de concreto leve do sistema construtivo HOBRAZIL com espessura de 10cm, conforme Relatório de Ensaio IPT n.º 998 536-203, obtendo-se o resultado apresentado na Tabela 2, que é satisfatório para paredes de fachada, conforme DIRETRIZ SINAT N° 001 – Revisão 01.

Tabela 2 – Síntese dos critérios de desempenho e do resultado do ensaio de isolamento sonora

Elemento	Critério de desempenho: valor mínimo (R_w em dB)	Valor de R_w determinado em laboratório (dB)
Parede entre unidades	45	38
Fachadas	30	

Ressalta-se que o desempenho acústico deve ser considerado sempre para o conjunto, ou seja, em seus empreendimentos a HOBRAZIL deve compatibilizar o desempenho acústico das paredes com os demais componentes, como portas e janelas.

Para a utilização do sistema construtivo em unidades habitacionais geminadas as paredes de separação entre unidades poderiam ter 12cm de espessura, no mínimo, para atendimento do critério de desempenho acústico de paredes entre unidades, como indicado na DIRETRIZ SINAT N° 001 – Revisão 1. A HOBRAZIL, entretanto, especifica a utilização de paredes duplas e independentes de 10cm de espessura cada.

4.5 Durabilidade e manutenibilidade

4.5.1 Durabilidade

A análise da durabilidade compreendeu a avaliação de dois requisitos considerados importantes para o sistema construtivo em questão: a capacidade de a armadura resistir ao ataque alcalino provocado pelo concreto e a resistência da parede ao choque térmico.

4.5.1.1 Ataque alcalino da armadura

Verificou-se a capacidade da armadura de fibra de vidro protegida com poliéster resistir ao ataque alcalino causado pelo concreto por meio de ensaios que objetivaram quantificar o eventual comprometimento de propriedades do concreto armado, e da armadura, após o ataque alcalino.

Para isso avaliou-se a resistência à tração dos fios da armadura, a resistência ao cisalhamento da junção dos fios da tela da armadura e a resistência à flexão de placas de concreto com a armadura, antes e após o ataque alcalino. Para o ataque alcalino foi preparada uma solução alcalina na qual foram imersos os corpos de prova.

Adotou-se como critério de desempenho uma redução máxima de 20% nos valores de resistência após o ataque alcalino, comparativamente aos valores obtidos antes do ataque.

Os resultados completos da avaliação efetuada constam dos seguintes Relatórios:

- Relatório de Ensaio IPT nº 975 053-203 (Junho de 2008);
- Relatório de Ensaio IPT nº 975 055-203 (Junho de 2008);
- Relatório Técnico IPT nº 104 659-205 (Agosto de 2008);
- Relatório Técnico IPT nº 113 274-205 (Agosto de 2009); e
- Relatório Técnico IPT nº 117 848-205 (Julho de 2010).

A partir dos resultados obtidos nos ensaios, pôde-se comprovar que não houve redução significativa para nenhuma das três propriedades avaliadas.

Os resultados do ensaio de tração do fio da tela não exposto, mostrados na primeira coluna da Tabela 3, indicaram uma resistência média de 805,6 MPa para os 10 fios ensaiados.

Com os resultados do ensaio de resistência à tração dos fios não expostos e expostos foi feita uma análise de variância, para uma significância de 5%, e concluiu-se que os resultados para os dois grupos (não exposto e exposto) são iguais estatisticamente, o que implica dizer que o ataque alcalino não comprometeu significativamente a resistência à tração dos fios da armadura. Assim, foi calculada uma única média para esses valores obtendo-se 788,5 MPa, indicada na segunda coluna da Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados do ensaio de tração do fio da tela de fibra de vidro

	Fios não expostos	Fios não expostos + fios expostos
Número de corpos de prova	10	20
Média (MPa)	805,6	788,5
Desvio padrão (MPa)	37,3	43,7
Coefficiente de variação	0,05	0,06

A mesma análise foi feita para a resistência ao cisalhamento da tela. Antes da exposição obteve-se a média de 332,2 N, como mostrado na primeira coluna da Tabela 4. Após a análise de variância, considerando os resultados das telas não expostas e expostas, também concluiu-se que os resultados para os dois grupos de corpos de prova são iguais estatisticamente, o que também implica dizer que o ataque alcalino não comprometeu significativamente a resistência ao cisalhamento da tela. Assim, calculou-se uma única média para os valores de resistência ao cisalhamento das telas não expostas e expostas, indicada na segunda coluna da Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados do ensaio de cisalhamento dos fios da tela

	Telas não expostas	Telas não expostas + telas expostas
Número de corpos de prova	10	20
Média (N)	332,2	322,8
Desvio padrão (N)	81,0	65,1
Coefficiente de variação	0,24	0,20

Para o ensaio de resistência à flexão foram moldadas placas de 50cm de comprimento, 15cm de largura e 2,5cm de espessura no Laboratório de Materiais de Construção Civil, LMCC – do IPT, com a armadura de fibra de vidro e com três traços de concreto, indicados na Tabela 5. A tela de armadura foi posicionada a, aproximadamente, 5mm da face inferior da fôrma.

Tabela 5 – Proporcionamento do concreto empregado nas placas destinadas aos ensaios

Traço 1*	Traço 2*	Traço 3*
Cimento, areia, brita e água	Cimento, areia, brita e água + Aditivo HO 200	Cimento, areia, brita e água + Incorporador de ar

*Obs.: A proporção entre aglomerante, agregados e água é igual para todos os traços.

Para cada traço de concreto foram moldadas 14 placas, totalizando 42 placas. Dentre as 14 placas moldadas para cada traço, 7 foram expostas à solução alcalina e as demais 7 placas foram mantidas em ambiente de laboratório. A combinação dessas situações é mostrada na Tabela 6, na qual são identificados os grupos de placas, o concreto utilizado, o tipo de exposição e a quantidade de placas em cada grupo.

Tabela 6 – Placas de concreto ensaiadas

Grupo	Tipo de concreto	Exposição à solução alcalina	Quantidade de placas por traço e grupo
A	Traço 1	Placas não expostas	07
B	Traço 2		07
C	Traço 3		07
D	Traço 1	Placas expostas	07
E	Traço 2		07
F	Traço 3		07
		Total	42

Após um período de exposição de 28 dias em solução alcalina as placas foram submetidas à ruptura por flexão com a aplicação da carga em dois pontos, nos terços dos vãos, seguindo-se as prescrições da ASTM C 947-03 "*Standard test method for flexural properties of thin-section glass-fiber-reinforced concrete*". Antes do ensaio de flexão as placas foram mantidas em água à temperatura de $23 \pm 3^\circ\text{C}$ por um período entre 24 h e 72 h.

A partir das cargas de ruptura obtidas nos ensaios e das dimensões das placas calculou-se a resistência última à flexão (F_u), como indicado pela ASTM C 947-03.

Analogamente ao descrito na análise da resistência à tração dos fios e do cisalhamento da tela, para a análise dos valores de F_u foi feita uma análise de variância comparando-se os resultados obtidos a cada dois grupos de placas ensaiadas, para uma significância de 5%. Assim, compararam-se os resultados de F_u para os grupos A/D, B/E e C/F.

Quando se analisam os resultados das placas de traço 1, grupos A/D, a partir da análise de variância verificou-se que os resultados para os dois grupos são iguais estatisticamente, o que significa que, para o concreto de traço 1, não houve ataque significativo da armadura a ponto de comprometer a resistência à flexão das placas, o que era esperado já que se trata de um concreto convencional, sem ar incorporado e, portanto, menos poroso e menos sujeito à penetração da solução alcalina.

Comparando-se os resultados das placas de traço 2 (Tabela 6), grupos B/E, a partir da análise de variância verificou-se que os resultados para os dois grupos são diferentes estatisticamente. Entretanto, ao contrário do que se esperava, houve aumento dos valores de F_u após o ataque alcalino.

Para os resultados das placas de traço 3, grupos C/F, a partir da análise de variância verificou-se que os resultados para os dois grupos também são iguais estatisticamente, o que significa que, para o concreto de traço 3 também não houve ataque significativo da armadura capaz de comprometer a resistência à flexão da placa.

Em estudos preliminares realizados com o concreto de traço 2, submetendo-se as placas nas mesmas condições de exposição a solução alcalina, observou-se que houve redução de 13% na resistência à flexão das placas, o que está dentro do limite tido como aceitável de 20%.

4.5.1.2 Conclusão quanto ao ataque alcalino

A partir dos resultados obtidos para a avaliação do ataque alcalino da armadura de fibra de vidro, pôde-se verificar que não houve redução significativa da resistência à tração dos fios da armadura após o ataque, ou seja, o ataque alcalino não comprometeu significativamente a resistência à tração dos fios. Segundo a HOBRAZIL, o aditivo empregado, HO 200, tem a dupla função de incorporar ar ao concreto e oferecer proteção adicional à armadura que é do tipo Álcali Resistente – AR.

Quando se analisa o cisalhamento nas junções dos fios da tela verifica-se que também não houve redução significativa da resistência ao cisalhamento após o ataque alcalino.

Quanto à resistência à flexão das placas de concreto ensaiadas verificou-se que a utilização do aditivo HO 200 reduz a resistência à flexão em relação às placas sem incorporação de ar. Entretanto, não foi verificada a influência do ataque alcalino na redução da resistência à flexão.

Assim, considerando-se que para os traços 2 e 3 não se verificou a redução da resistência à flexão das placas de concreto ensaiadas após a exposição pode-se concluir pelo atendimento do critério de desempenho, conforme DIRETRIZ SINAT Nº 001 – Revisão 01.

4.5.1.3 Resistência à ação de calor e choque térmico

Foi feito ensaio de choque térmico, conforme Relatório de Ensaio n.º 999 308-203 e não foram constatadas quaisquer ocorrências, concluindo-se pela adequação à DIRETRIZ SINAT Nº 001 – Revisão 01 no que se refere ao choque térmico.

4.5.2 Manutenibilidade

Foi analisado o Manual de Uso e Operação do sistema construtivo (Manual do proprietário) elaborado pela HOBRAZIL para a obra auditada. Constam informações sobre as características do sistema construtivo, seus cuidados de uso e manutenção, além dos aspectos que culminam na perda da garantia para os diversos componentes e elementos do sistema construtivo. Constam, ainda, no documento, os prazos de garantia e a vida útil de projeto dos principais elementos do sistema construtivo.

4.6 Segurança ao fogo

As paredes são compostas por materiais incombustíveis, não se caracterizando como propagadores de incêndio e definindo condições adequadas para restringir o rápido crescimento do incêndio. Também apresentam características adequadas em termos de desenvolvimento de fumaça, não agravando o risco de incêndio inerente a casas térreas e sobrados, isolados ou geminados. Portanto, atende à DIRETRIZ SINAT N° 001 – Revisão 01 quanto ao requisito de dificultar o princípio de incêndio.

A resistência ao fogo de 30 minutos das paredes foi comprovada através de ensaio, conforme apresentado no Relatório de Ensaio IPT n° 997 981-203. A parede ensaiada manteve a estanqueidade, o isolamento térmico e a estabilidade estrutural pelo período de 30 minutos, com a aplicação de carga equivalente a uma unidade habitacional térrea (carga informada pela HOBRAZIL de 1.520 kg/m).

As lajes especificadas no projeto, compostas por pré-lajes de concreto de 3,5cm de espessura e capeamento de 6,5cm têm potencial para atender ao critério de 30 minutos de resistência ao fogo, de acordo com o método de dimensionamento tabular proposto na NBR 15.200 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio.

As instalações elétricas devem ser verificadas sob o ponto de vista do risco do início de incêndio. Apesar de não ter sido realizada tal análise, o sistema apresenta condições necessárias para que não sejam criados riscos anormais de incêndio.

Portanto, considera-se que o requisito de resistência ao fogo é satisfatório conforme a DIRETRIZ SINAT N° 001 – Revisão 01.

Ressalta-se que o projeto de cada edificação deve considerar as exigências contidas nas regulamentações do Corpo de Bombeiros no Estado em que a edificação será erigida e atender as exigências do usuário conforme a NBR 14.432, além dos regulamentos específicos estaduais e municipais.

5 Controle da qualidade

Foi realizada a auditoria técnica inicial no processo de produção do sistema construtivo HOBRAZIL para verificar se o controle da qualidade estava conforme as exigências da DIRETRIZ SINAT N° 001 – Revisão 01.

Constatou-se que o controle da qualidade é exercido na obra pela HOBRAZIL de acordo com os documentos técnicos do seu sistema da qualidade (procedimentos de execução e inspeção, fichas de verificação de materiais e serviços, projeto executivo do sistema construtivo, dentre outros). Tais documentos prevêm o controle de projetos, materiais, serviços, processos e do produto final.

Verificou-se em obra a existência de projetos e documentos técnicos do sistema construtivo, de fichas de controle de recebimento de materiais, de fichas de verificação da execução e controle de execução das paredes e lajes, e de documentos de controle de recebimento das paredes após desenforma. O uso dos documentos em questão foi constatado na obra auditada.

Verificou-se o controle da montagem das fôrmas e da execução das paredes e lajes, incluindo o posicionamento das armaduras, o emprego de espaçadores, o embutimento das instalações prediais e a verificação das paredes após a retirada das fôrmas.

Foram analisados os documentos de controle tecnológico do concreto relativos à resistência à compressão do concreto, tanto na idade de retirada das fôrmas das paredes (12 horas) quanto aos 28 dias, comparando-se com os valores respectivamente especificados de 1,0 MPa e 14 MPa. Não foram encontradas não-conformidades nos relatórios de ensaio do concreto. Ressalta-se que, para todas as obras a serem executadas com o sistema construtivo avaliado, o controle do concreto deve ser feito de acordo com a NBR 12.655, incluindo a correta especificação do lote de concreto a ser verificado, seja para o concreto dosado em obra ou para o concreto usinado.

Durante o período de validade deste DATec serão realizadas auditorias técnicas a cada seis meses em unidades em execução e em utilização para verificação dos controles realizados pela HOBRAZIL no processo de produção e eventuais problemas nas edificações decorrentes do sistema construtivo.

6 Fontes de informação

As principais fontes de informação, além dos documentos técnicos da empresa HOBRAZIL, são os Relatórios Técnicos emitidos pelo IPT para a avaliação técnica do sistema construtivo e para a auditoria técnica do processo de produção.

6.1 Documentos da empresa HOBRAZIL Sistema Construtivo Ltda.

- Projeto arquitetônico da obra Residencial Liberdade III, em Pindamonhangaba-SP;
- Projetos de fôrmas e armaduras da obra Residencial Liberdade III, em Pindamonhangaba-SP;
- Projeto executivo do sistema construtivo;
- Memorial descritivo da obra Residencial Liberdade III, em Pindamonhangaba-SP;
- Procedimentos de Execução de Serviços – PES;
- Fichas do Programa de Controle da Qualidade – PCQ;
- Fichas de Registro de Inspeção de Processos – RIP;
- Planilhas de controle da resistência do concreto das paredes e das lajes da obra Residencial Liberdade III, em Pindamonhangaba-SP;
- Manual de uso, operação e manutenção do sistema construtivo (Manual do proprietário), elaborado pela HOBRAZIL para o Residencial Liberdade III, em Pindamonhangaba-SP.

6.2 Relatórios Técnicos e Relatórios de Ensaio

- Relatório Técnico IPT nº 119 050-205 – Auditoria técnica na produção de sistema construtivo da HOBRAZIL, constituído por paredes maciças de concreto leve com polímero e armadura de fibra de vidro, moldadas no local (Novembro de 2010);
- Relatório Técnico IPT nº 117 848-205 – Avaliação técnica complementar de sistema construtivo constituído de paredes maciças de concreto leve com polímero e armadura de fibra de vidro, moldadas no local, para execução de casas térreas isoladas e sobrados (Julho de 2010);
- Relatório Técnico IPT nº 113 274-205 – Avaliação de sistema construtivo constituído de paredes maciças de concreto leve com polímero e armadura de fibra de vidro, moldadas no local, para execução de casas térreas isoladas (Agosto de 2009);
- Relatório Técnico IPT nº 116 065-205 – Ensaio de compressão excêntrica de paredes de concreto (Março de 2010).
- Relatório Técnico IPT nº 114 957-205 – Avaliação do desempenho térmico de edificação habitacional térrea isolada (Dezembro de 2009).
- Relatório Técnico IPT nº 113 267-205 – Avaliação do desempenho térmico de edificação habitacional térrea isolada (Agosto de 2009).
- Relatório Técnico IPT nº 113 218-205 – Ensaio de caracterização de tela de fibra de vidro (Agosto de 2009).
- Relatório Técnico IPT nº 107 287-205 – Determinação do teor de cinzas em um item de compósito polimérico reforçado com fibra de vidro (Outubro de 2008);
- Relatório Técnico IPT nº 104 659-205 – Determinação de resistência à ruptura na flexão em placas de concreto (Agosto de 2008);

- Relatório de Ensaio IPT nº 1 010 337-203 – Ensaio químicos (Junho de 2010);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 007 127-203 – Análise química qualitativa (Março de 2010);
- Relatório de Ensaio IPT nº 999 310-203 – Verificação da resistência de sistemas de vedações verticais a impactos de corpo mole (Agosto de 2009);
- Relatório de Ensaio IPT nº 999 309-203 – Determinação da resistência de sistemas de vedações verticais às solicitações de peças suspensas (Agosto de 2009);
- Relatório de Ensaio IPT nº 999 308-203 – Verificação do comportamento de sistema de vedação vertical externa exposto à ação de calor e choque térmico (Agosto de 2009);
- Relatório de Ensaio IPT nº 999 286-203 – Determinação de condutividade térmica (Agosto de 2009);
- Relatório de Ensaio IPT nº 998 536-203 – Medição da isolamento sonora (Junho de 2009);
- Relatório de Ensaio IPT nº 997 981-203 – Verificação de resistência ao fogo de parede com função estrutural (Julho de 2009);
- Relatório de Ensaio IPT nº 980 109-203 – Ensaio químicos (Setembro de 2008);
- Relatório de Ensaio IPT nº 975 584-203 – Análise química (Junho de 2008);
- Relatório de Ensaio IPT nº 975 055-203 – Ensaio de cisalhamento (Junho de 2008);
- Relatório de Ensaio IPT nº 975 053-203 – Ensaio de cisalhamento (Junho de 2008).

7 Condições de emissão do DATec

Este Documento de Avaliação Técnica, DATec, é emitido nas condições descritas a seguir, 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 IPT e as diversas instâncias do SINAT não assumem qualquer responsabilidade sobre perda ou dano advindos do resultado direto ou indireto do produto avaliado.

A HOBRAZIL Sistema Construtivo Ltda. compromete-se a:

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

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

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