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 Immergrün de painéis pré-fabricados de *wood frame* para casas térreas e sobrados

Proponente

IMMERGRÜN Construção Inteligente Ltda.
Rua Euclides Gonçalves Ferreira, 1111, Araucária-PR
CEP 83.725-970, Tel: (41) 3642–4154
Home page: http://www.immergrun.com.br
e-mail: contato@immergrun.com.br

Emissão:
Novembro de 2020

Validade:
Outubro de 2022

Considerando a avaliação técnica coordenada pela ITA Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, e a decisão dos Técnicos Especialistas indicados conforme as Portarias n.º 2.795/2019, n.º 756/2020 e n.º 2.79/2020 do Ministério do Desenvolvimento Regional, a Coordenação Geral do PBQP-H da Secretaria Nacional de Habitação resolveu conceder ao produto da IMMERGRÜN o Documento de Avaliação Técnica Nº 040. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o produto, destinado à construção de unidades habitacionais térreas e sobrados, isolados e geminados, e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.

DATec
Nº 040

Limites da avaliação técnica do Sistema construtivo Immergrün de painéis pré-fabricados de wood frame *para casas* térreas e sobrados:

- Para a avaliação do produto considerou-se como elementos inovadores as paredes de painéis pré-fabricados de *wood frame*, constituídos de quadros de peças de madeira maciça, e os pisos entre pavimentos, também denominados de entrepisos e também pré-fabricados de madeira. O sistema de cobertura, embora estruturado por peças de madeira maciça, é considerado convencional pois é composto por componentes que seguem normas especificas e dimensionado segundo a ABNT NBR 7190;
- A avaliação técnica não contemplou elementos e componentes convencionais, como fundações, cobertura, instalações elétricas e hidráulicas, esquadrias e revestimentos, dentre outros, visto que devem ser atendidas as respectivas normas técnicas brasileiras. Entretanto, as interfaces entre esses elementos convencionais e o sistema da IMMERGRÜN foram objeto de avaliação;
- A avaliação foi realizada considerando o emprego das paredes em unidades habitacionais unifamiliares isoladas e geminadas, tanto casas térreas quanto sobrados;
- O desempenho térmico foi avaliado para as zonas bioclimáticas 1 e 3, com cobertura formada por telhado de telhas cerâmicas, forro com chapa de gesso para *drywall* de 12,5 mm e isolante de lã de rocha de 50 e 75 mm, para as zonas 1 e 3, respectivamente. Os resultados são apresentados na Tabela 7;
- Quanto ao desempenho acústico, as paredes de fachada atendem as classes de ruído I e II, como indicado na Tabela 9, considerando o uso de janela classe de desempenho acústico C (R_w =18 dB). Para as paredes de geminação atende-se ao critério da ABNT NBR 15575-4, para os casos em que não haja ambiente dormitório;
- A estanqueidade à água de chuva da fachada foi avaliada por meio de ensaio em laboratório e análise dos detalhes construtivos de projeto;
- A avaliação da durabilidade compreendeu a execução de ensaio de resistência da parede ao choque térmico, além da análise do atendimento ao requisito de manutenibilidade, a análise dos detalhes construtivos de projeto, ensaios para a determinação da retenção do produto preservativo das peças de madeira maciça e chapas de madeira compensada, verificação da conformidade das características físicas e químicas dos diversos componentes (chapas de fechamento, *basecoat* e produtos para impermeabilização), ensaio de resistência da parede à ação de calor e choque térmico e de resistência de aderência do *basecoat*.

1. DESCRIÇÃO DO PRODUTO

O sistema *light wood frame* da Immergrün, para emprego em casas térreas e sobrados, isolados e geminados, possui paredes estruturais de painéis pré-fabricados, estruturados por quadros constituídos por montantes e travessas, ou soleiras, de madeira maciça tratada (Figura 1).

O processo de produção de edificações com o sistema da Immergrün caracteriza-se pela pré-fabricação dos painéis de parede e de piso na unidade fabril da empresa, localizada na cidade de Araucária-PR. Os painéis são posteriormente transportados até a obra e montados.

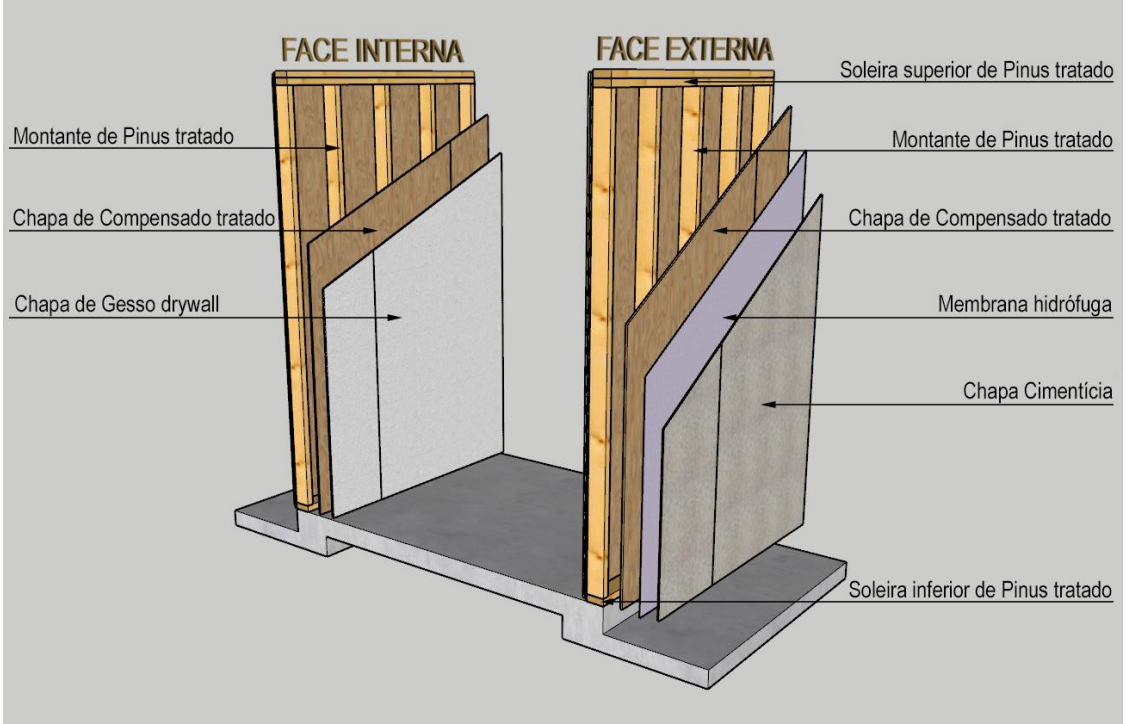


Figura 1 – Desenho esquemático do painel de parede

O piso dos pavimentos superiores de sobrados, também denominado de entrepiso, é constituído de quadros pré-fabricados, diretamente apoiados e aparafusados aos painéis de parede. Os quadros possuem barrotes de madeira maciça tratada (Figura 2) sobre os quais são fixadas chapas de madeira compensada, também tratadas. Alternativamente, nas áreas secas, também se pode utilizar chapas de OSB tipo III, desde que atendidas às especificações da EN300 e tratadas com inseticida, o qual pode ser adicionado ao adesivo, conforme retenção mínima estabelecida na ABNT NBR 16143.

A cobertura é constituída de telhado com estrutura de madeira e telhas cerâmicas, forro de chapas de gesso para *drywall* standard de 12,5 mm de espessura e isolante de lã de rocha com espessuras de 50 mm, para a zona bioclimática 1, e 75 mm, para a zona bioclimática 3.

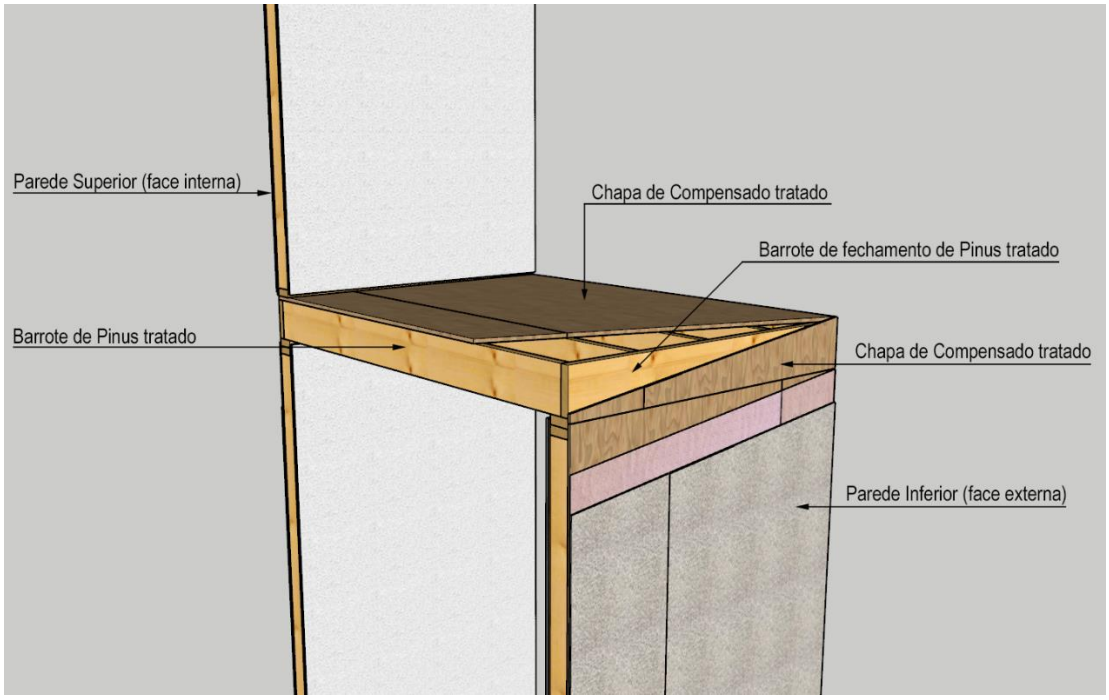


Figura 2 – Sistema de piso de sobrados

1.1 Condições e limitações de uso

O sistema de painéis pré-fabricados de wood frame da Immergrün destina-se à unidades habitacionais unifamiliares térreas, isoladas e geminadas e sobrados unifamiliares isolados e geminados, em que as paredes de painéis wood frame são estruturais, não podendo ser demolidas total ou parcialmente. Qualquer modificação em paredes, como abertura de vãos e rasgos para instalações hidráulicas e elétricas, deve ser previamente acordada com a Immergrün, na fase de projeto da edificação. Os cuidados na utilização constam do Manual Técnico de Operação, Uso e Manutenção do sistema construtivo elaborado pela Immergrün.

2. DIRETRIZ PARA AVALIAÇÃO TÉCNICA

A avaliação técnica foi conduzida de acordo com a DIRETRIZ SINAT Nº 005 – "Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves tipo "*Light Wood Framing*"), Revisão 03, de julho de 2020 e com a ABNT NBR 15575-4:2013.

3. INFORMAÇÕES E DADOS TÉCNICOS

3.1 Especificações técnicas

a) **Paredes:** as paredes são estruturais, de painéis pré-fabricados, formados por quadros constituídos por montantes e travessas de madeira maciça com seção nominal de 38 mm x 90 mm, espaçadas a cada 600 mm, com massa específica, aproximada, de 400 N/m^2, com os seguintes componentes.

- Paredes externas:
    - Espessura total de 137,5 mm;
    - Lado externo:
        - Chapa de madeira compensada de 12 mm, fixada diretamente ao quadro de madeira;

        - Barreira impermeável à água e permeável ao vapor de água;
        - Chapa cimentícia de 8 mm, fixada às chapas de compensado;
        - Revestimento final de argamassa industrializada de 3 mm de espessura, reforçada com tela de fibra de vidro (*basecoat*).
    - Lado interno:
        - Chapa de madeira compensada de 12 mm, fixada diretamente ao quadro de madeira;
        - Chapa de gesso para *drywall standard* de 12,5 mm.
    - Isolante de lã de rocha (para sobrados)
        - 50mm de espessura na zona bioclimática 1;
        - 75mm de espessura na zona bioclimática 3.

- Paredes internas e paredes de geminação:
    - Espessura total de 139,0 mm;
    - Ambas as faces:
        - Chapa de madeira compensada de 12 mm;
        - Chapa de gesso para *drywall standard* de 12,5 mm.

b) **Piso:** constituído de chapas de madeira compensada de 18 mm apoiadas sobre barrotes de 45 x 190 mm, espaçados a cada 400 mm ou configuração com módulo de rigidez equivalente (módulo de elasticidade x inércia). O sistema de piso possui também um contrapiso de argamassa sobre as chapas de madeira compensada, executado após a montagem das paredes do pavimento superior;

c) **Componentes de madeira maciça, utilizados na estruturação dos painéis de parede**: os montantes e as travessas dos painéis de paredes são de madeira maciça *Pinus* sp., Pinaceae, de seção nominal de 38 x 90 mm, tratados em autoclave com CCA (Arseniato de Cobre Cromatado), com as principais características, determinadas por meio de ensaios, indicadas na Tabela 1;

d) **Componentes de madeira maciça, utilizados na estruturação dos painéis de piso**: os barrotes dos painéis de piso também são de madeira maciça *Pinus* sp., Pinaceae, de seção nominal de 45 x 190 mm, tratados em autoclave com CCA, com as principais características, determinadas por meio de ensaios, indicadas na Tabela 1;

Tabela 1 – Síntese dos resultados dos ensaios de caracterização dos componentes de madeira maciça, utilizados nas paredes e pisos do sistema construtivo IMMERGRÜN

	Componentes de madeira maciça	
	Montantes e travessas	**Barrotes**
Densidade aparente (kg/m^3)	460	529
Classe de resistência à compressão paralela às fibras	C30	C30
Retenção de produto preservativo – CCA (kg/m^3)*	6,3	6,6
* a retenção total de produto preservativo mínima adotada nesse sistema é de 4,0 kg/m^3.		

e) **Chapa de madeira compensada tratada, utilizada nos painéis de parede**: constituída de cinco lâminas de madeira *Pinus* sp., Pinaceae, com 12 mm de espessura total, tratada em autoclave com CCA, com as características indicadas na Tabela 2;

f) **Chapa de madeira compensada tratada, utilizada no piso**: constituída de sete lâminas de madeira *Pinus* sp., Pinaceae, com 18 mm de espessura total, tratada em autoclave com CCA, com as características indicadas na Tabela 2;

Tabela 2 – Síntese da caracterização das chapas de madeira compensada, utilizadas nas paredes e pisos do sistema construtivo IMMERGRÜN

	Chapa de 12 mm (para paredes)	**Chapa de 18 mm (para pisos)**
Teor de umidade (%)	13,9	13,8
Densidade aparente: (kg/m^3)	496	522
Inchamento (%)	<10%	<10%
Resistência à compressão paralela ao plano da chapa (MPa)	18,4	18,5
Módulo de elasticidade à compressão paralela ao plano da chapa (MPa)	4341	4632
Resistência à compressão transversal ao plano da chapa (MPa)	14,8	15,5
Módulo de elasticidade à compressão transversal ao plano da chapa (MPa)	3019	3086
Resistência à flexão paralela (MPa)	36,4	28,0
Módulo de elasticidade à flexão paralela (MPa)	6915	4541
Resistência à flexão transversal (MPa)	24,8	18,1
Módulo de elasticidade à flexão transversal (MPa)	2676	2721
Retenção de produto preservativo – CCA (kg/m^3)	4,1	4,0

g) **Chapa cimentícia, utilizada nas faces externas das paredes externas**: de 8 mm de espessura nominal, com as características indicadas na Tabela 3. As juntas entre as chapas cimentícias são tratadas com a aplicação de uma camada de massa, seguida pela colocação da tela de fibra de vidro com 150 mm de largura;

Tabela 3 – Síntese da caracterização das chapas cimentícias, utilizadas nas paredes do sistema construtivo IMMERGRÜN

	Chapa de 8 mm (para paredes)
Espessura média (mm)	7,57
Densidade aparente (kg/m^3)	1325,1
Absorção de água (%)	25,0%
Variação dimensional do comprimento (%)	0,27
Variação dimensional da espessura (%)	0,29
Resistência à flexão longitudinal, na condição saturada (MPa)	11,9
Resistência à flexão transversal, na condição saturada (MPa)	8,0
Resistência à flexão longitudinal, na condição de equilíbrio (MPa)	16,7
Resistência à flexão transversal, na condição de equilíbrio (MPa)	10,9

i) **Argamassa do *basecoat*:** com as características indicadas na Tabela 4;

Tabela 4 – Síntese da caracterização da argamassa do *basecoat*

Ensaio	Média
Retenção de água, ABNT NBR 13277 (%)	99
Densidade de massa no estado fresco, ABNT NBR 13278 (kg/m³)	1610
Resistência à tração na flexão aos 28 dias, ABNT NBR 13279 (MPa)	6,3
Resistência à compressão aos 28 dias, ABNT NBR 13279 (MPa)	17,0
Densidade de massa no estado endurecido, ABNT NBR 13280 (kg/m³)	1457
Absorção de água por capilaridade em 10 minutos, ABNT NBR 13259 (g/cm^2)	0,02
Absorção de água por capilaridade em 90 minutos, ABNT NBR 13259 (g/cm^2)	0,06
Coeficiente de capilaridade, ABNT NBR 13259 (g/dm².min.$^{1/2}$)	0,7
Módulo dinâmico, ABNT NBR 15630 (MPa)	8200
Resistência potencial de aderência à tração (MPa)	1,56
Permeância ao vapor d'água (kg/(m^2.s..Pa))	7,50E-10
Camada de ar equivalente (m)	0,28
Variação dimensional aos 28 dias (mm/m)	-2,92

j) **Membrana acrílica:** aplicada no piso e em paredes de áreas molhadas (box), constituída de uma demão de impermeabilizante acrílico com fibras;

k) **Membrana de impermeabilização:** aplicada no encontro de parede e piso de áreas secas, constituída de uma demão de impermeabilizante acrílico, com armadura de tela de poliéster de 150 mm de largura, que se estende por 75 mm no piso e 75 mm no rodapé. São empregadas membranas de impermeabilização de base acrílica que atendem aos critérios mínimos da NBR 13321:2008, com relação à resistência à tração, alongamento na ruptura, e estanqueidade;

l) **Manta hidrófuga (barreira impermeável à agua e permeável ao vapor de água)**: usada nas faces externas da parede de fachada, entre a chapa cimentícia e a chapa de compensado com espessura total de 0,4 mm e densidade superficial de massa de 112 g/m^2;

m) **Manta de impermeabilização (para base de parede)**: constituída de cinco camadas, sendo duas camadas de tecido, duas camadas de material betuminoso e uma camada central de tecido PL, com densidade superficial de massa de 750 g/m^2. Adota-se mantas asfálticas tipo II, conforme a NBR 9952:2014, que atendem aos critérios com relação à resistência à tração, alongamento na ruptura, resistência ao rasgo e ao impacto e estanqueidade;

n) **Pregos de fixação dos montantes e travessas dos painéis de parede:** a ligação entre os montantes e travessas dos painéis é feita com pregos galvanizados Ø4,0 mm x 90 mm;

o) **Pregos de fixação dos chapas de madeira compensada:** a fixação das chapas de madeira compensada ao quadro dos painéis de parede é feita com pregos galvanizados Ø2,5 mm x 55 mm;

p) **Componentes de fixação da base dos painéis de parede:** os painéis de parede são fixados à fundação (viga baldrame ou radier de concreto), com cantoneiras de chapa de aço galvanizado de 35 mm x 90 mm x 40 mm e 3 mm de espessura, como mostrado na Figura 3. A cantoneira é pregada ao montante do painel com seis pregos ardox, Ø2,5 mm x 55 mm e fixada ao radier com chumbador de expansão de 9,5 mm ou parafuso autobrocante;

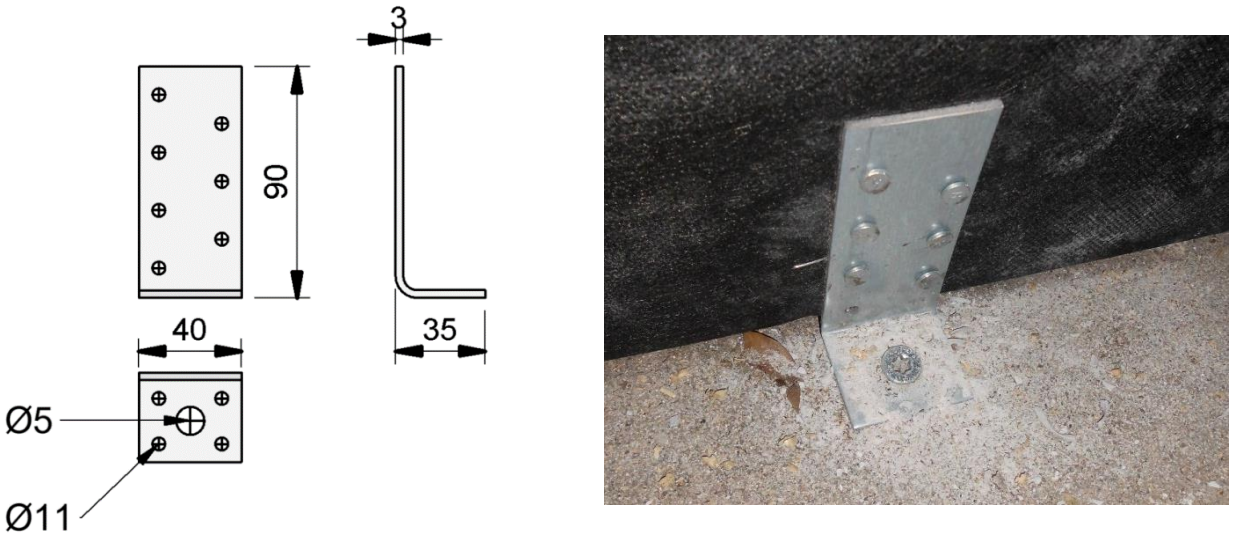


Figura 3 – Cantoneira utilizada para a fixação do painel de parede à fundação

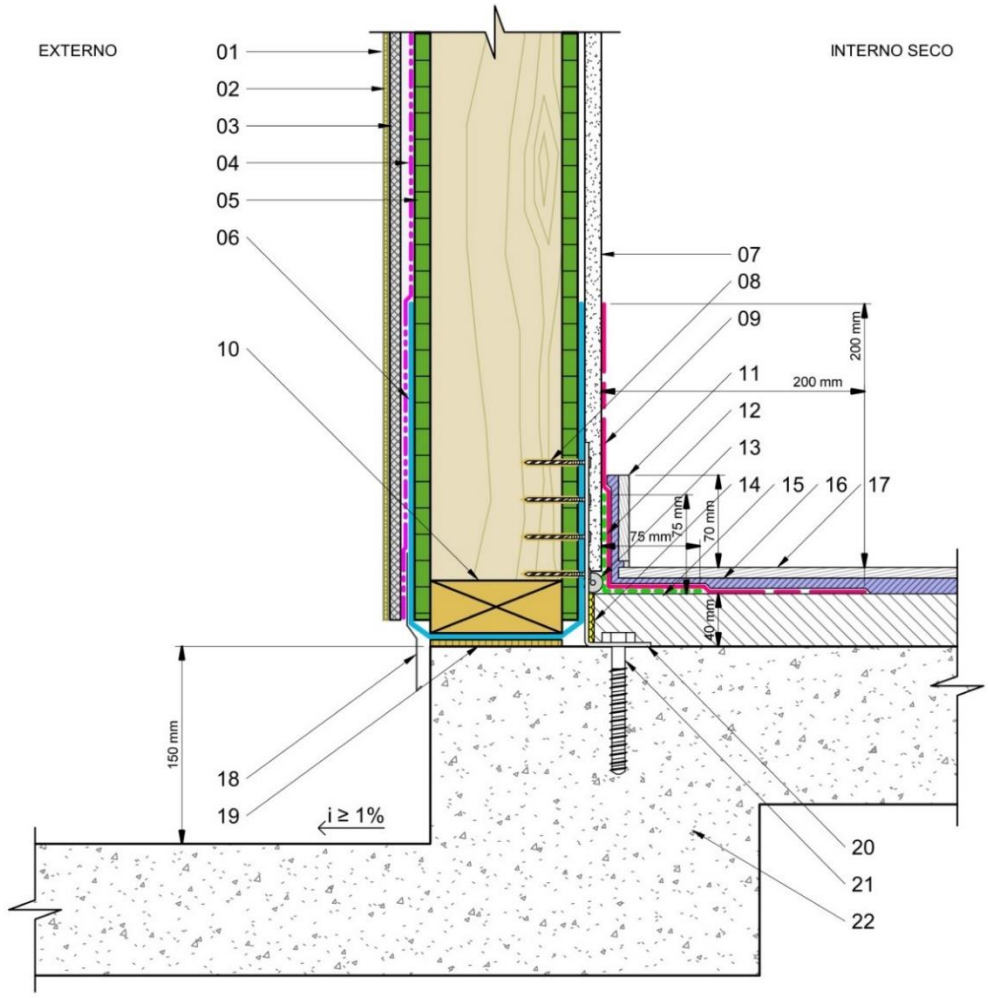
q) **Parafusos de ligação lateral entre os painéis de parede:** a ligação lateral entre os painéis de parede é feita com quatro parafusos: (Ø8 mm x 180 mm) face externa ou (Ø8 mm x 120 mm) na face interna.

3.2 Detalhes construtivos de interface

a) **Interfaces entre parede e piso:** as bases das paredes do pavimento térreo são envoltas com manta de impermeabilização. Nas áreas secas, tanto do pavimento térreo quanto do pavimento superior, as bases das paredes recebem membrana acrílica, com tela de poliéster, estendendo-se 200 mm de altura no rodapé e 200 mm no contrapiso e rodapé cerâmico de 70 mm de altura (Figura 4). Nas áreas molháveis (lavabo, cozinha e área de serviço), além dos 200 mm de altura no rodapé, a impermeabilização é aplicada em toda a extensão do contrapiso (Figura 21);

b) **Revestimentos e acabamentos das paredes**:

- **Das áreas secas:** pintura acrílica, aplicada sobre as chapas de gesso para *drywall*;
- **Das áreas molháveis (cozinha, lavabo, banheiro e área de serviço):** placas cerâmicas, aplicadas com argamassa colante tipo AC I, assentadas na altura de 1,50 m nas paredes com pontos de hidráulica e pintura acrílica nas demais paredes;
- **Das áreas molhadas (box do banheiro):** placas cerâmicas, aplicadas com argamassa colante tipo AC I, assentadas até o teto;
- **Das paredes externas (fachadas):** *basecoat*, aplicado sobre as chapas cimentícias, e acabamento final com pintura ou textura acrílicas. Nos pontos de maior solicitação, tais como cantos vivos externos, utilizam-se cantoneiras de PVC como reforço do revestimento.



LEGENDA

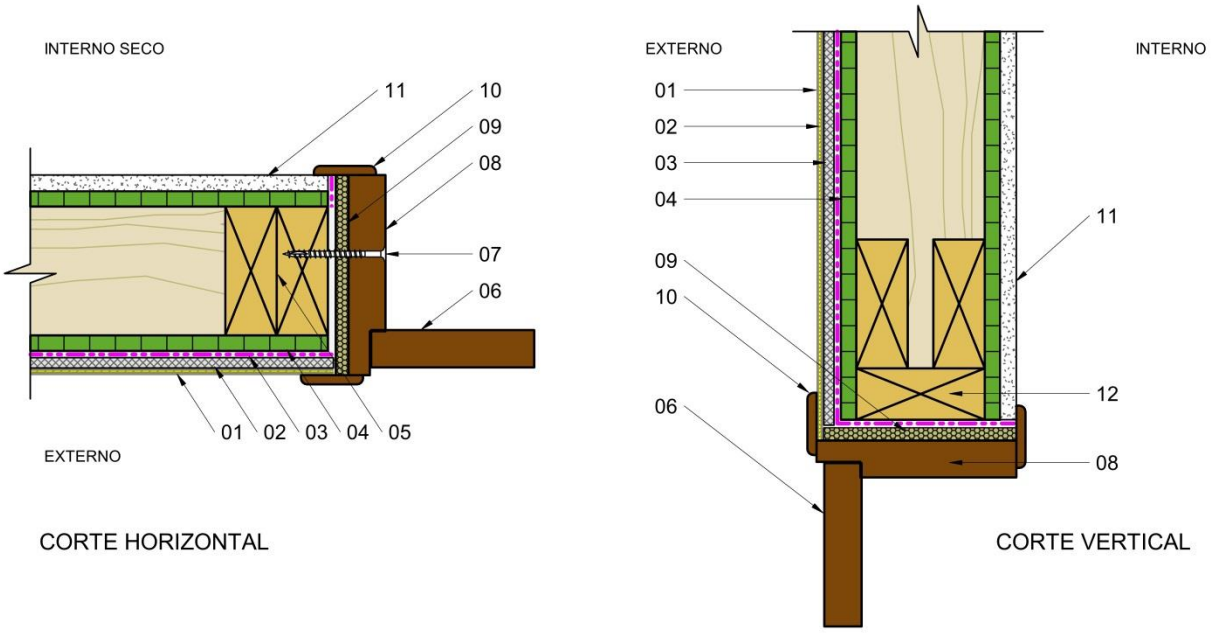
01 Basecoat	09 Membrana de impermeabilização	17 Piso cerâmico
02 Tela de fibra de vidro	10 Soleira inferior	18 Pingadeira galvanizada
03 Chapa cimentícia - 8mm	11 Rodapé cerâmico	19 Calço nivelador
04 Manta hidrófuga	12 Tela de poliéster - 150mm	20 Cantoneira de ancoragem
05 Chapa de compensado tratado - 12mm	13 Delimitador de profundidade	21 Chumbador de ancoragem
06 Manta de impermeabilização	14 Isomanta - 4mm	22 Concreto
07 Chapa de gesso drywall ST - 12,5mm	15 Contrapiso	
08 Prego espiralado	16 Argamassa colante	

Figura 4 – Interface entre base de parede externa e piso de áreas secas

c) **Revestimentos de piso**: o revestimento de piso, em geral, é de placas cerâmicas em todos os ambientes, aplicadas com argamassa colante tipo AC I sobre contrapiso de argamassa;

d) **Revestimento de forro:** é constituído por uma camada de chapa de gesso para *drywall*, fixadas aos barrotes, com acabamento final em pintura acrílica. Esse forro suporta peças suspensas de no mínimo 30N, conforme NBR 15.575-3;

e) **Parede e portas:** as portas externas de madeira são fixadas ao quadro de madeira que delimita o vão com parafusos galvanizados, cabeça Philips, de Ø5,0 mm x 80 mm, e recebem espuma PU em todo o contorno do vão (Figura 5). As portas de madeira internas são fixadas com espuma PU, também aplicado em todo o contorno do vão. As portas de alumínio também são fixadas com parafusos galvanizados Ø5,0 mm x 80 mm;



LEGENDA

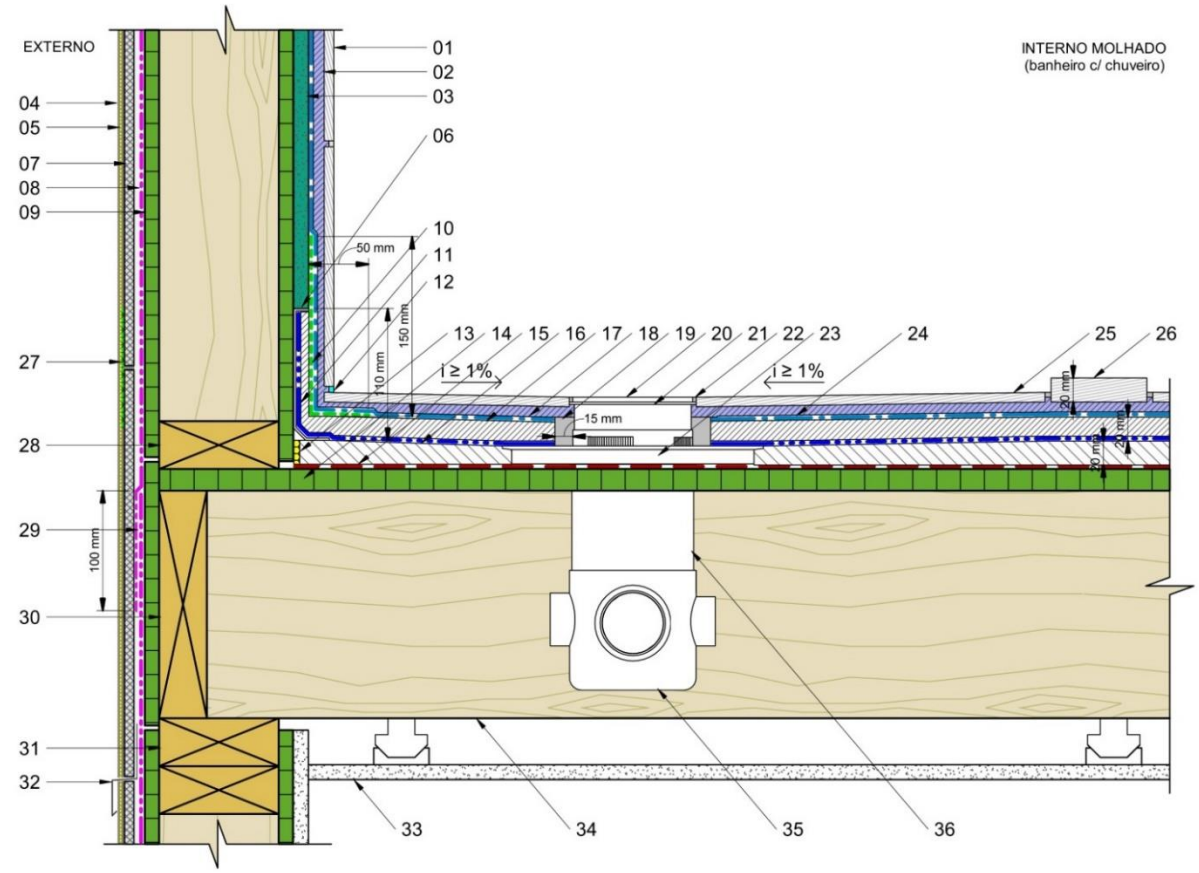
01 Revestimento Basecoat	05 Montante de pinus tratado	09 Espuma de PU
02 Chapa cimentícia - 8mm	06 Folha da porta de madeira	10 Guarnição de madeira
03 Manta hidrófuga	07 Parafuso de fixação para madeira	11 Chapa de gesso drywall ST - 12,5mm
04 Chapa de compensado tratado - 12mm	08 Batente de madeira	12 Verga de pinus tratado

Figura 5 – Interface entre painel de parede e porta externa

f) **Parede e janelas:** as janelas são aparafusadas ao quadro de madeira que delimita o vão com parafusos galvanizados, cabeça Philips, de Ø4,2 mm x 38 mm. Na interface entre as paredes externas e as janelas utiliza-se um perfil de alumínio em todo o vão da janela, antes da sua fixação. Também é utilizado um peitoril com pingadeira. O contorno do marco da janela é vedado com selante PU;

g) **Parede e instalações:**

- As tubulações de água, montadas na forma de kits, são embutidas nos painéis de parede. Os kits são posicionados em entalhes previamente executados nas peças do quadro de madeira. As extremidades, nos pontos de utilização, são posicionadas em travessas entre montantes e todo o conjunto é posteriormente travado com a chapa de madeira compensada;
- Os eletrodutos corrugados também são embutidos nos painéis de parede, fixados diretamente ao quadro de madeira com fita metálica perfurada e parafuso flangeado Ø4,2 x 13 mm;
- As tubulações de esgoto de DN100 e DN75 são embutidas em shafts ou instaladas externamente às paredes. São previstas janelas de inspeção nos shafts para acesso às tubulações. Os ralos são embutidos no entrepiso, como indicado esquematicamente na Figura 6;
- As tubulações de gás são externas às paredes. No caso de necessidade de se atravessar as paredes é utilizado tubo luva.



LEGENDA		
01 Revestimento cerâmico	13 Isomanta - 4mm	25 Piso cerâmico
02 Argamassa colante	14 Chapa de compensado tratado - 18mm	26 Pedra polida
03 Chapa de gesso drywall RU - 12,5mm	15 Lona plástica	27 Tela de fibra de vidro
04 Basecoat	16 Contrapiso	28 Soleira superior
05 Tela de fibra de vidro	17 Massa de regularização	29 Manta hidrófuga
06 Rodapé metálico	18 Membrana acrílica	30 Barrote de fechamento de pinus tratado
07 Chapa cimentícia - 8mm	19 Areia grossa	31 Soleira superior
08 Manta hidrófuga	20 Grelha	32 Pingadeira galvanizada
09 Chapa de compensado tratado - 12mm	21 Porta grelha	33 Forro de gesso drywall ST - 12,5mm
10 Tela de poliéster - 200mm	22 Rejunte	34 Barrote de pinus tratado
11 Manta asfáltica	23 Ralo antiinfiltração	35 Ralo sifonado
12 Silicone c/ fungicida ou PU	24 Membrana acrílica	36 Prolongador 100mm

Figura 6 – Interface entre piso e ralo (tubulação de esgoto)

3.3 Procedimentos de execução

As etapas de execução das paredes, apresentadas a seguir, foram observadas nas visitas técnicas na fábrica da Immergrün, em Araucária-PR e na obra do empreendimento Lares, em Bituruna-PR.

3.3.1 Fabricação dos painéis de parede e piso

Os procedimentos de produção dos painéis de parede foram acompanhados na fábrica da Immergrün em Araucária-PR (Figura 7), na data da auditoria, em 11/03/2020.

Na fabricação dos painéis de parede e dos módulos dos pisos a Immergrün utiliza peças maciças de Pinus, que são tratadas em autoclave, secas em estufa, aparelhadas e cortadas na própria unidade fabril onde são produzidos os painéis.

Figura 7 – Vista geral da fábrica onde são produzidos os painéis de parede e piso

a) A produção dos painéis de parede é iniciada com o posicionamento conjunto e fixação, sobre a plataforma de trabalho, das três travessas (uma travessa inferior e duas travessas superiores) que compõem o painel, nas quais se marcam as posições dos montantes, a partir do espaçamento indicado no projeto (Figura 8A e Figura 8B);

(A) **(B)**

Figura 8 – Marcação das posições dos montantes nas travessas

b) Em seguida, os montantes são dispostos na plataforma de trabalho de acordo com o espaçamento determinado em projeto e fixados à travessa inferior com pregos Ø3,1 x 90 mm com um pregador pneumático (Figura 9A e Figura 9B);

(A) **(B)**

Figura 9 – Posicionamento e fixação dos montantes

c) A primeira travessa superior é posicionada (Figura 10A) e fixada aos montantes e a segunda travessa superior é fixada à primeira travessa também com pregos Ø3,1 x 90 mm (Figura 10B);

(A) **(B)**

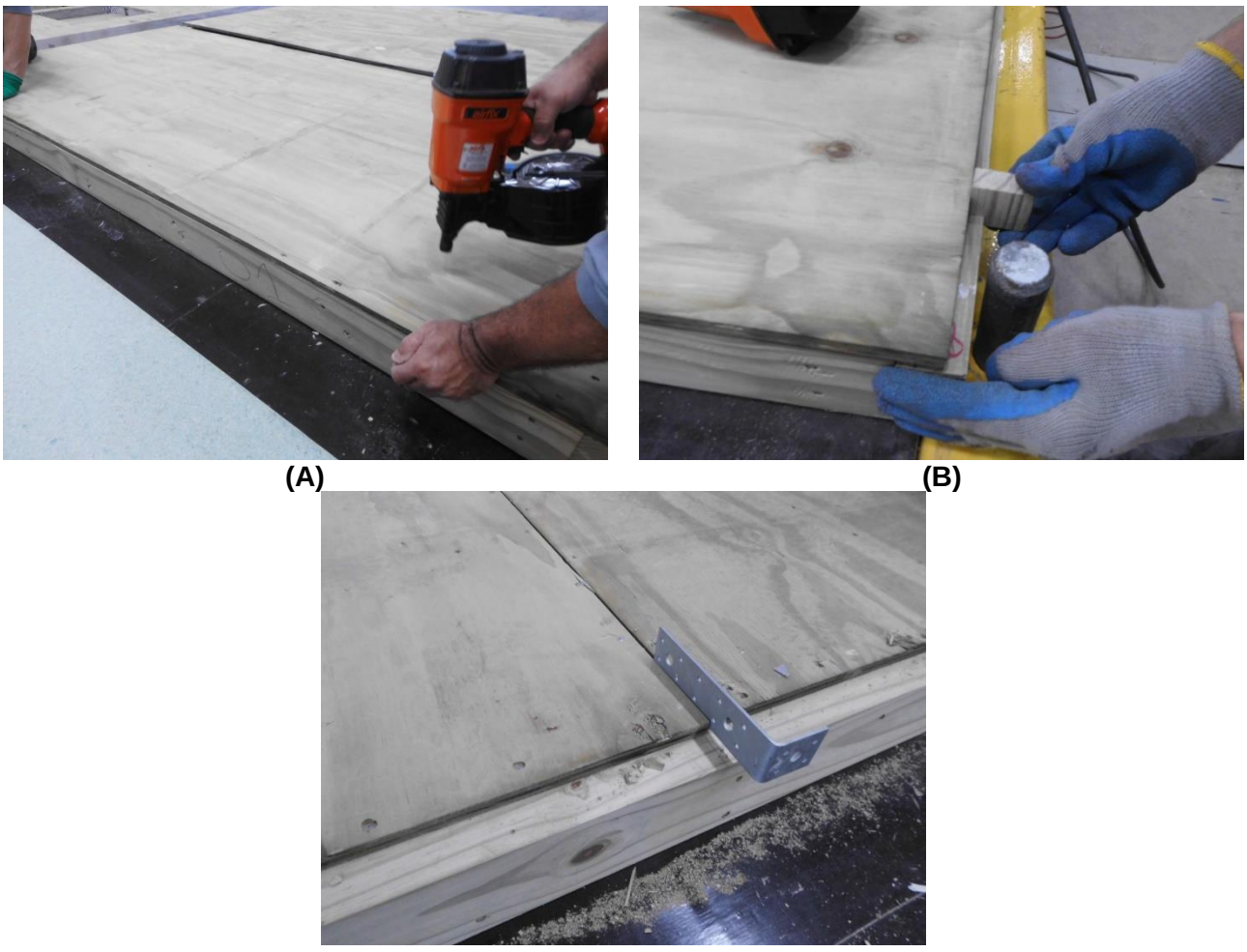
Figura 10 – Posicionamento e fixação das travessas superiores

d) Finalizada a montagem do quadro (*frame*) procede-se a uma etapa de controle, que consiste na verificação das dimensões das diagonais (Figura 11A e B). Caso se identifique diferenças entre as medidas são feitos ajustes;

(A) **(B)**

Figura 11 – Verificação das dimensões da diagonal

e) As chapas de madeira compensada, já cortadas nas dimensões necessárias, são posicionadas no frame e fixadas com pregos Ø2,5 x 50 mm, com o pregador pneumático (Figura 12A). A extremidade inferior das chapas é posicionada distante 10 mm da base do quadro. Para isso utiliza-se um gabarito (Figura 12B). O espaçamento lateral entre as chapas é de 3 mm, verificado com um gabarito metálico (Figura 12C);

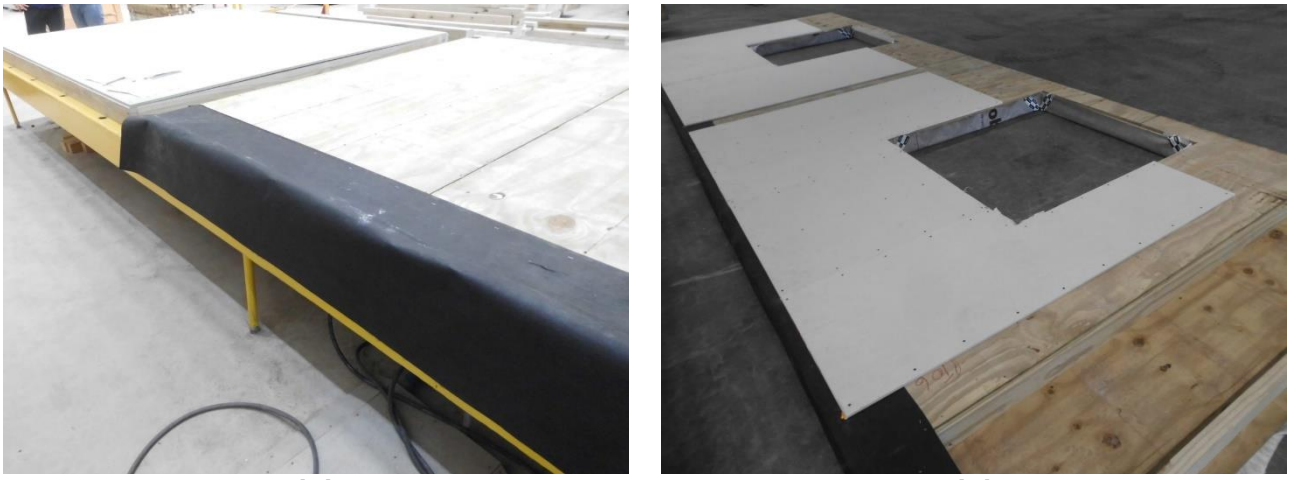


(A) **(B)**

(C)

Figura 12 – Fixação da chapa de madeira compensada ao frame

f) Após a fixação de todas as chapas de compensado do painel procede-se à colocação da manta de impermeabilização, envolvendo a base do painel (Figura 13A) até a altura de 200 mm de cada lado, fixada com grampos. Realiza-se então a fixação das chapas de gesso para *drywall* (Figura 13B), as quais são fixadas às chapas de compensado com pregos;



(A) **(B)**

Figura 13 – Colocação da manta de impermeabilização na base do painel (A) e da chapa de gesso (B)

g) São fixados os parafusos de içamento (Figura 14A) e o painel é içado (Figura 14B) para a montagem das chapas de compensado da segunda face;

(A) **(B)**

Figura 14 – Fixação do parafuso de içamento e içamento do painel

h) Após a fixação das chapas de compensado fixa-se a barreira impermeável (manta hidrófuga) e faz-se a fixação das chapas cimentícias.

3.3.2 Montagem dos painéis de parede e piso

a) Os painéis são içados e posicionados no local da montagem (Figura 15A) e é feita a verificação e o ajuste do prumo. Os primeiros painéis montados são escorados com escoras metálicas ajustáveis, aparafusadas ao piso e ao próprio painel (Figura 15B);

(A) **(B)**

Figura 15 – Posicionamento e escoramento dos painéis de parede

b) Faz-se a verificação das dimensões das diagonais dos ambientes, indicadas no projeto de montagem. Os painéis são aparafusados (Figura 16A) e é feita sua fixação por meio de cantoneiras de aço pregadas à travessa inferior e aos montantes dos painéis (Figura 16B);

(A) **(B)**

Figura 16 – Ligação dos painéis adjacentes (A) e fixação da base do painel (B)

c) Os painéis pré-fabricados do piso, constituídos de barrotes, travamentos e chapas de compensado ou OSB são apoiados e aparafusados às paredes (Figura 17A).

Figura 17 – Barrotes do painel de piso apoiados nas paredes

d) As juntas entre as chapas cimentícias são tratadas com a aplicação de uma camada de massa (Figura 18A), seguida pela colocação da tela de fibra de vidro (Figura 18B), com 150 mm de largura. Também é feito o cobrimento das cabeças dos parafusos com a mesma massa para o tratamento das juntas;

(A) **(B)**

Figura 18 – Aplicação da primeira camada de massa (A) e da tela de fibra de vidro (B)

e) Após a secagem da massa de tratamento das juntas, aplica-se o *basecoat* sobre a chapa cimentícia. A execução do *basecoat* inicia-se com uma primeira camada de argamassa, aplicada com uma desempenadeira de aço em uma faixa com altura de, aproximadamente, 1,20 m. Em seguida, estende-se a tela de fibra de vidro sobre essa camada de argamassa (Figura 19A) e prossegue-se com a aplicação da segunda camada de argamassa de forma a cobrir totalmente a tela (Figura 19B). A aplicação das demais telas em toda a superfície da parede é feita com sobreposição de 100 mm;

(A) **(B)**

Figura 19 – Aplicação da tela de fibra de vidro sobre primeira camada de massa (A) e aplicação da segunda camada de argamassa sobre a tela (B)

f) O acabamento final é feito com a aplicação de uma demão de selador acrílico e duas demãos de tinta acrílica.

4. AVALIAÇÃO TÉCNICA

A avaliação técnica do sistema da IMMERGRÜN foi conduzida conforme a DIRETRIZ SINAT Nº 005 – Revisão 03, de julho de 2020 a partir da análise de projetos e especificações técnicas, ensaios em laboratório, ensaios em um protótipo construído no IPT (Figura 20A e B), visitas e auditorias técnicas em unidade fabril e unidades habitacionais em execução e demais avaliações que constam deste DATec e dos Relatórios do IPT, citados no item 6.

(A)

(B)

Figura 20 – Ensaios no protótipo construído no IPT

4.1 Desempenho estrutural

O desempenho estrutural foi avaliado a partir da análise do projeto estrutural e da memória de cálculo e por meio de ensaios, tanto para as paredes quanto para o piso que compõem o sistema da IMMERGRÜN.

4.1.1 Paredes

4.1.1.1 Resistência a impactos de corpo mole e corpo duro

As paredes foram submetidas a ensaios de impacto de corpo mole com as energias de 120, 180, 240, 360, 480, 720 e 960 J nas faces externas das paredes externas, como descrito nos Relatórios de Ensaio IPT nº 1 086 206-203 e 1 105 467-203. Não houve rompimentos, fissuras ou destacamentos. O deslocamento horizontal instantâneo, para a energia de 240 J, foi de 20 mm e o residual de 0 mm, atendendo aos critérios estabelecidos, especificados na ABNT NBR 15575-4 e na Diretriz SiNAT nº 005, revisão 3, para casas e sobrados unifamiliares.

Foi feito ensaio de impacto de corpo duro nas faces externas das paredes externas com as energias de 3,75 e 20 J, como descrito no Relatório de Ensaio IPT nº 1 119 000-203. Não houve rompimentos, fissuras ou destacamentos, atendendo aos critérios especificados na ABNT NBR 15575-4 e na Diretriz SiNAT nº 005, revisão 3.

4.1.1.2 Resistência a solicitações de peças suspensas e solicitações de portas

Foi feito ensaio para a verificação da resistência da parede a solicitações de peças suspensas. As mãos francesas foram fixadas com bucha Toggle Bolt ¼-20 e parafuso de Ø6,2 mm e 67 mm de comprimento com cabeça panela e fenda cruzada. As cargas aplicadas foram de 80 kg, 100 kg e 120 kg, por um período de 24 horas para cada valor de carga, como descrito no Relatório de Ensaio IPT nº 1 105 506-203. Não houve rompimentos, fissuras ou destacamentos, concluindo-se que os resultados atenderam as exigências da ABNT NBR 15575-4 e da Diretriz SiNAT nº 005, revisão 3.

Portanto, pode-se considerar que a resistência de serviço para fixação de peças suspensas é de 60 kg, considerando as fixações descritas neste item, desde que distantes de, no máximo, 50 cm.

Os resultados dos ensaios de verificação da resistência das paredes a solicitações transmitidas por portas, como descrito no Relatório de Ensaio IPT nº 1 119 000-203, mostraram que são atendidos os critérios especificados na ABNT NBR 15575-4 e na Diretriz SiNAT nº 005, revisão 3.

4.1.1.3 Resistência a cargas verticais – compressão excêntrica

Foram feitos ensaios de compressão excêntrica para avaliar a resistência das paredes às cargas verticais, para o Estado Limite Último – ELU e para o Estado Limite de Serviço – ELS, conforme descrito no Relatório de Ensaio IPT nº 157 065-205. Na Tabela 5 apresenta-se uma síntese dos resultados desses ensaios.

A resistência última de projeto (R_{ud}) e a resistência de serviço (R_{sd}) foram obtidas com os resultados dos ensaios registrados na Tabela 5, aplicando-se as equações previstas na norma ABNT NBR 15575-2 com $\gamma_m = 2$ e $\xi = 1,5$.

Tomando-se a maior carga prevista no projeto de sobrado analisado como exemplo (S_k = 20,0 kN/m) foram calculadas a solicitação de projeto para o ELU ($S_{d,u}$, com $\gamma_f = 1,4$) e para o ELS ($S_{d,s}$, com $\gamma_f = 1,3$), obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 6.

A partir desses resultados verificam-se comprovadas as condições de que $S_{d,u} \leq R_{ud}$ para o ELU.

Não foi possível a análise para o ELS, pois os painéis de parede ensaiados não sofreram danos antes da ruptura.

Tabela 5 – Síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica em painel de parede

Corpo-de-prova ensaiado	Carga do primeiro dano (kN/m)	Carga de ruptura (kN/m)	Relatório de ensaio
CP 1	Não houve dano	107,7	IPT nº 157 065-205
CP 2	Não houve dano	96,4	
CP 3	Não houve dano	109,5	

Tabela 6 – Síntese da análise dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica

R_{ud}	$S_{d,u}$	R_{sd}	$S_{d,s}$
33,7 kN/m	28,0 kN/m	Não houve dano	26,0 kN/m

Para cada empreendimento deve ser desenvolvido um projeto estrutural específico, demonstrando-se na respectiva memória de cálculo que as solicitações devidamente majoradas são inferiores à resistência última de projeto (R_{ud}) e à resistência de serviço (R_{sd}).

4.1.2 Piso

Os ensaios de desempenho estrutural do sistema de piso da IMMERGRÜN foram executados em um protótipo com piso de 9 m^2 de área (distância entre apoios de 3 m). Não foi executado contrapiso, assim, as cargas foram aplicadas diretamente sobre as chapas de madeira compensada.

4.1.2.1 Resistência a impactos de corpo mole

Foi feito ensaio de impacto de corpo mole com energias de 120, 240, 360, 480, 720 e 960 J, conforme descrito no Relatório de Ensaio IPT nº 1 105 467-203. Não houve rompimentos, fissuras ou destacamentos atendendo-se as exigências da norma NBR 15575-3 e da Diretriz SiNAT nº 005, revisão 3. O deslocamento instantâneo máximo, para a energia de 240 J, de 12 mm, medido no centro do vão, foi menor do que o limite de 20,0 mm estabelecido pela Diretriz SiNAT nº 005, revisão 3 (L=3000; d_v < 2.L/300), e o deslocamento residual máximo foi de 0 mm.

4.1.2.2 Resistência a cargas verticais concentradas

A resistência a cargas verticais concentradas foi verificada por meio de ensaio no qual aplicou-se três cargas concentradas de 1 kN, no centro do vão de 3 m do protótipo, como consta do Relatório de Ensaio IPT nº 1 105 467-203.

Não ocorreram falhas no sistema de piso, nem durante nem após a aplicação da carga, que foi mantida por 24 horas. O deslocamento vertical instantâneo máximo, de 2,72 mm, medido no centro do vão, foi menor do que o limite de 6,0 mm estabelecido pela ABNT NBR 15575-3 (L=3000; dv ≤ L/500), e o deslocamento residual máximo foi de 0,49 mm.

4.1.2.3 Resistência a cargas verticais distribuídas

Foi aplicado carregamento distribuído sobre o piso do protótipo, conforme o método de ensaio da ABNT NBR 9607[1], como descrito no Relatório Técnico IPT nº 149 109-205.

Para determinação da carga aplicada no ensaio foi considerada a carga de 3 kN/m^2 e a carga limite de ensaio, de 420 kgf/m^2, correspondendo a um coeficiente de majoração de 1,4. Os carregamentos foram aplicados em cinco etapas: 1, 2, 3, 3,6 e 4,2 kN/m^2, a cada 5 minutos. O carregamento máximo foi mantido por um período superior a 12h. Foram medidos os deslocamentos verticais nas extremidades e no centro do barrote localizado no meio do vão. As leituras dos deslocamentos instantâneos foram feitas a cada carregamento e foi feita a medição dos deslocamentos residuais, após o descarregamento.

A ABNT NBR 15575-2 estabelece, para paredes em painéis com juntas flexíveis, limite máximo de flecha instantânea de L/730, para paredes com aberturas, e L/600 para paredes sem aberturas.

Para a carga de 3 kN/m^2, foi obtido deslocamento residual (deslocamento remanescente, após a retirada da carga) de 3,48 mm no centro do vão, o que atende os deslocamentos máximos de L/730 (4,1 mm) e L/600 (5,0 mm) exigidos pela ABNT NBR 15575-2.

4.2 Estanqueidade à água

A estanqueidade à água foi verificada para ambientes internos de áreas molháveis, sujeitas à ação da água de uso e lavagem, e para ambientes externos, sujeitos à ação da água de chuva, por meio da análise de projeto, verificação de soluções em obra e ensaios em laboratório.

[1] ABNT NBR 9607 – Prova de carga em estrutura de concreto armado e protendido – Procedimento.

4.2.1 Estanqueidade das paredes de fachada à água de chuva

Foram feitos ensaios de estanqueidade antes e após o ensaio de choque térmico, conforme Relatório de Ensaio IPT nº 1 105 506-203, e não ocorreram infiltrações, formação de gotas de água aderentes na face interna, nem manchas ou vazamentos em nenhum dos ensaios.

Complementarmente aos ensaios de estanqueidade à água foi feita análise das soluções e detalhes de projeto. Há a especificação das seguintes soluções, que contribuem para a obtenção da estanqueidade à água da base das paredes externas (Figura 21):

- Desnível de 150 mm entre a base das paredes externas e a calçada externa;
- Manta aplicada na base da parede, constituída de TNT betumado impermeável, identificada como “manta betuminosa de base da parede”;
- Pingadeira galvanizada sob a chapa cimentícia na base dos painéis.

A Figura 21 ilustra a solução construtiva da interface entre parede externa e calçada e face interna da parede e piso de área molhável.

Assim, a partir do resultado do ensaio e das soluções de projeto considera-se atendido o critério de estanqueidade à água de paredes de fachada da ABNT NBR 15575 4:2013 e da Diretriz SiNAT nº 005, revisão 3.

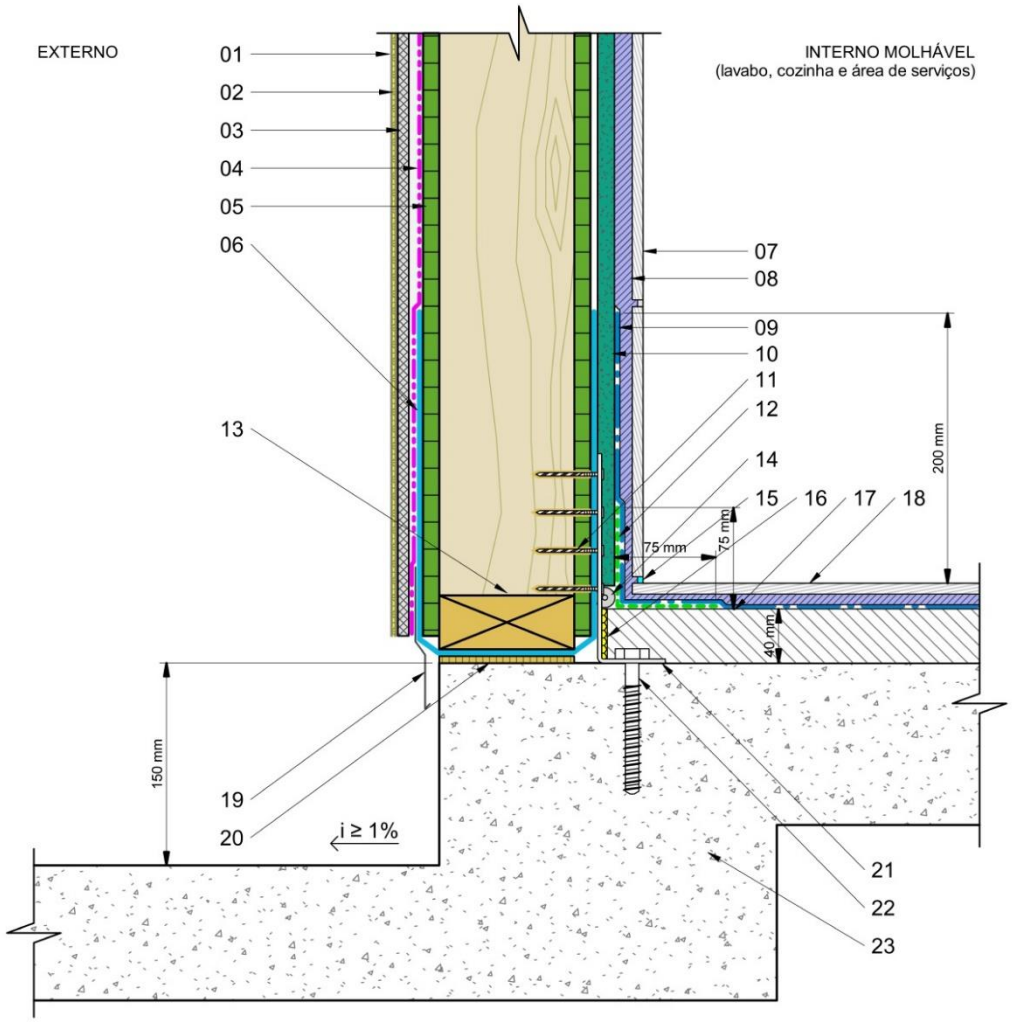
4.2.2 Estanqueidade das paredes internas à água de uso e lavagem

A estanqueidade à água das paredes internas submetidas à água de uso e lavagem foi avaliada a partir da análise das soluções de projeto para impedir o contato da base dos painéis de parede com a água que pode incidir no piso e rodapé.

Há a especificação das seguintes soluções de projeto, que contribuem para a obtenção da estanqueidade à água da base das paredes internas de áreas molháveis e molhadas:

- Manta betuminosa aplicada na base da parede, constituída de TNT betumado, que se estende por 200 mm na parede;
- Membrana acrílica aplicada sobre as chapas de gesso para *drywall* na face interna das paredes, que contenham cubas, lavatórios e saídas de torneira ou chuveiro, a partir do piso e estendendo-se 200 mm, tanto acima quanto lateralmente ao respectivo aparelho de hidráulica;
- Membrana acrílica em toda a área das paredes do box de chuveiro;
- Revestimento cerâmico aplicado no piso e nas paredes.

Assim, a partir da análise de projeto considera-se atendido o critério de estanqueidade à água de paredes internas de áreas molhadas e molháveis da ABNT NBR 15575-4:2013 e da Diretriz SiNAT nº 005, revisão 3.



LEGENDA

01 Basecoat	09 Membrana acrílica	17 Contrapiso
02 Tela de fibra de vidro	10 Chapa de gesso drywall RU - 12,5mm	18 Piso cerâmico
03 Chapa cimentícia - 8mm	11 Prego espiralado	19 Pingadeira galvanizada
04 Manta hidrófuga	12 Tela de poliéster - 150mm	20 Calço nivelador
05 Chapa de compensado tratado - 12mm	13 Soleira inferior	21 Cantoneira de ancoragem
06 Manta de impermeabilização	14 Delimitador de profundidade	22 Chumbador de ancoragem
07 Revestimento cerâmico	15 Silicone c/ fungicida ou PU	23 Concreto
08 Argamassa colante	16 Isomanta - 4mm	

Figura 21 – Detalhe construtivo da base das paredes de fachada

4.2.3 Estanqueidade do sistema de piso à água de uso e lavagem

A estanqueidade à água dos pisos internos submetidos à água de uso e lavagem foi avaliada a partir da análise das soluções de projeto para garantir o confinamento da água às áreas molhadas e impedir a infiltração nas diversas camadas do sistema de piso.

Há a especificação das seguintes soluções de projeto, que contribuem para a obtenção da estanqueidade à água do sistema de piso de áreas molháveis e molhadas:

- Lona plástica de 50 µm de espessura sobre a chapa de madeira compensada do piso (item 15, Figura 6);
- Manta asfáltica de impermeabilização, sobre o contrapiso (item 11, Figura 6);
- Membrana acrílica aplicada em toda a extensão do piso, sobre a regularização (item 24, Figura 6);
- Revestimento cerâmico de piso (item 25, Figura 6);
- Componente de separação entre o piso acabado do box e o piso acabado do banheiro (item 26, Figura 6).

Assim, a partir da análise de projeto considera-se atendido o critério de estanqueidade à água dos pisos internos de áreas molhadas e molháveis da ABNT NBR 15575-4:2013 e da Diretriz SiNAT nº 005, revisão 3.

4.3 Desempenho térmico

O desempenho térmico foi avaliado por meio de simulação computacional considerando um projeto de sobrado com área total de, aproximadamente 60 m^2, com isolante de lã de rocha na cobertura e nas paredes externas, sendo 50 mm na zona bioclimática 1 e 75 mm na zona bioclimática 3, como indicado na Tabela 7.

Tabela 7 – Resumo dos resultados da simulação térmica para as Zonas Bioclimáticas 1 e 3, de um sobrado (dormitório e sala), no verão, com aplicação de lã de rocha nas paredes externas e cobertura conforme indicado

Zona Bioclimática	Cores do acabamento externo das paredes(1)			
	Condição padrão(2)	Com sombreamento(3)	Com ventilação(4)	Com sombreamento e ventilação(5)
Zona 1 Com lã de rocha de 50 mm na cobertura e 50 mm nas paredes externas	Claras ou médias	Qualquer cor	Qualquer cor	Qualquer cor
Zona 3 Com lã de rocha de 75 mm na cobertura e 75 mm nas paredes externas	Não atende	Não atende	Não atende	Claras

(1) Absortância à radiação solar da superfície externa das paredes igual a: 0,3 (cores claras), 0,5 (cores médias) e 0,7 (cores escuras);

(2) Ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1,0 Ren/h (uma renovação do volume de ar do ambiente por hora) e janelas sem sombreamento;

(3) Janelas com proteção solar externa ou interna, como brises, cortinas, ou outros elementos, que impeçam a entrada de radiação solar direta ou reduzam em 50% a incidência da radiação solar global no ambiente;

(4) Ambiente ventilado a uma taxa de 5,0 Ren/h (cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora);

(5) Com as duas opções anteriores.

Para o período de inverno o desempenho térmico mínimo é atendido para qualquer cor de acabamento externo das paredes externas, tanto para a zona bioclimática 1 quanto para a zona bioclimática 3, considerando isolante de no mínimo 50mm nas paredes e coberturas Entretanto, o período do verão é mais crítico, por isso, conforme apresentado na Tabela 7, para as condições climáticas da zona bioclimática 1, a edificação avaliada, com isolante de lã de rocha de 50 mm na

cobertura e nas paredes externas, satisfaz as exigências relativas ao nível de desempenho térmico “Mínimo” no verão, com a adoção de cores claras ou médias nas paredes externas. Para as condições da zona bioclimática 3, a edificação avaliada, com isolante de lã de rocha de 75 mm na cobertura e nas paredes externas, satisfaz as exigências relativas ao nível de desempenho térmico “Mínimo”, no verão, somente com a adoção de cores claras nas paredes externas, para a condição sombreada e ventilada.

Para o caso de casas térreas, o desempenho térmico é atendido considerando:

- Zona bioclimática 1 – isolante de lã de rocha de 50 mm apenas na cobertura, desde que se adote cores claras ou médias;
- Zona bioclimática 3 – isolante de lã de rocha de 75 mm apenas na cobertura, desde que se adote somente cores claras, nas condições sombreada e ventilada.

O atendimento ao critério do número de horas em que há risco de ocorrência de condensação de vapor d´água em superfícies das paredes dos dormitórios e sala, em um período de um ano, é diretamente ligado às características do projeto arquitetônico (pé direito, posição das janelas, áreas de ventilação), implantação da edificação no terreno, macro e micro clima do local de construção. Assim, sugere-se que sejam realizadas avaliações de desempenho higrotérmico para cada empreendimento específico, no qual seja adotado esse sistema.

4.4 Desempenho acústico

Foi feito ensaio em laboratório para a determinação do índice de isolação sonora ponderado (R_w) das paredes de wood frame da IMMERGRÜN, sem isolante de lã de rocha na parede, conforme Relatório de Ensaio IPT n.º 1 103 992-203, obtendo-se o resultado apresentado na Tabela 8, que é satisfatório para paredes de fachada, conforme DIRETRIZ SINAT Nº 005 – Revisão 03. Infere-se que esse resultado também é válido para paredes com isolante de lã de rocha, visto que o isolante tende a contribuir com a isolação sonora.

Tabela 8 – Síntese dos critérios de desempenho e do resultado do ensaio de isolação sonora

Elemento	Critério de desempenho: valor mínimo (R_w em dB)	Valor de R_w determinado em laboratório (dB)
Parede entre unidades, nas situações onde não haja ambiente dormitório	45	46 (-2;-7)
Fachadas	30	

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

Adicionalmente, como forma de demonstrar o potencial de atendimento à ABNT NBR 15575-4, foram feitas simulações, segundo o método previsto na BS EN 12354 -3 e do documento da Caixa “Especificações de desempenho nos empreendimentos de HIS baseadas na ABNT NBR 15575 – Edificações Habitacionais – desempenho – Orientações ao Proponente para Aplicação das Especificações de Desempenho em Empreendimentos de HIS”, considerando uma janela de alumínio de 1,20 m x 1,20 m, com isolação sonora correspondente ao limite inferior da classe de desempenho acústico C (R_w = 18 dB) da ABNT NBR 10821-4, instalada em uma parede de fachada de área total de 8,10 m², sendo obtido o valor teórico de $D_{2m,nTw}$ = 25 dB, o que atende as classes de ruído I e II, conforme exposto na Tabela 9, admitindo-se que as transmissões de ruído marginais, como por exemplo entre fachada e cobertura, ou fachada e cômodos adjacentes serão de, no máximo, 5 dB.

Tabela 9 – Síntese dos critérios de desempenho mínimos para envoltórias, conforme ABNT NBR 15575-4: 2013 e dos resultados da simulação

Classe de Ruído	Critério de desempenho mínimo, para valores de campo $D_{2m,nTw}$ (dB)	Resultado da simulação Valor teórico de $D_{2m,nTw}$ (dB)
I	20	25
II	25	
III	30	

Para o emprego das paredes de wood frame nas paredes divisórias de unidades habitacionais geminadas (parede de geminação) atende-se ao critério estabelecido na ABNT NBR 15575-4, para os casos em que não haja ambiente dormitório, como indicado na Tabela 8.

4.5 Durabilidade e manutenibilidade

4.5.1 Durabilidade

A avaliação da durabilidade compreendeu as seguintes análises e ensaios:

- Análise dos projetos;
- Determinação da retenção do produto preservativo das peças de madeira maciça e chapas de madeira compensada utilizadas na fabricação dos painéis e dos pisos;
- As especificações das proteções contra corrosão dos componentes de fixação: pregos, parafusos e cantoneiras de chumbamento dos painéis;
- Verificação da conformidade das características dos diversos componentes à Diretriz SiNAT nº 005, como indicado no item 3.1;
- Ensaio de resistência à ação do calor e choque térmico e de estanqueidade à água após o ensaio de choque térmico;
- Ensaio de resistência de aderência à tração do revestimento de argamassa antes e após o ensaio de ação de calor e choque térmico.

A partir dessa avaliação conclui-se como atendidas as exigências da DIRETRIZ SINAT Nº 005 – Revisão 03, no que se refere ao requisito de durabilidade e vida útil mínima de 50 anos, desde que o projeto e a execução considerem as condições explicitadas neste DATEC.

4.5.1.1 Retenção do produto preservativo dos componentes de madeira

Para os componentes de madeira maciça utilizados nos montantes e travessas das paredes (seção 38 x 90 mm) e nos barrotes do piso (seção 45 x 190 mm) e para as chapas de madeira compensada tratada empregadas nas paredes (de 12 mm de espessura) e no piso (de 18 mm de espessura) foram feitos ensaios para determinar a retenção dos produtos preservativos, indicados na Tabela 10 e Tabela 11.

Tabela 10 – Síntese dos resultados de retenção de produto preservativo CCA e das quantidades dos ingredientes ativos para os componentes de madeira maciça

Componente	Montantes e travessas de 90 x 38 mm (Relatório IPT nº 1 101 049-203)				Barrotes de 190 x 45 mm (Relatório IPT nº 1 101 051-203)			
Ingrediente	**CuO**	**CrO_3**	**As_2O_5**	**Total**	**CuO**	**CrO_3**	**As_2O_5**	**Total**
Valor médio	1,1	2,9	2,3	6,3	1,2	3,0	2,3	6,6
Desvio padrão	0,2	0,6	0,5	1,3	0,1	0,2	0,2	0,5

Tabela 11 – Síntese dos resultados de retenção de produto preservativo CCA e das quantidades dos ingredientes ativos para as chapas de madeira compensada

Componente	Chapa compensada 12 mm (Relatório IPT nº 1 104 009-203)				Chapa compensada 18 mm (Relatório IPT nº 1 105 105-203)			
Ingrediente	**CuO**	**CrO_3**	**As_2O_5**	**Total**	**CuO**	**CrO_3**	**As_2O_5**	**Total**
Valor médio	0,7	2,0	1,4	4,1	0,7	2,0	1,4	4,0
Desvio padrão	0,1	0,4	0,3	0,8	0,1	0,1	0,1	0,2

A retenção mínima de 4,0 kg/m³, tanto para os componentes de madeira maciça, quanto para as chapas de madeira compensada atendem a Diretriz SiNAT nº 005. As quantidades dos ingredientes ativos também atendem aos limites mínimo e máximo especificados na Diretriz SiNAT nº 005.

4.5.1.2 Resistência à ação de calor e choque térmico e estanqueidade à água

Foi feito ensaio de ação de calor e choque térmico como descrito no Relatório de Ensaio IPT nº 1 108 599-203. O resultado do ensaio não indicou o surgimento de quaisquer danos na face de incidência do calor nem na face oposta. O deslocamento horizontal máximo, de 2,1 mm, medido a meia altura da parede de ensaio, foi menor do que o limite de 9,0 mm estabelecido pela ABNT NBR 15575-4, ($h=2700$; $d_v \leq h/300$). Portanto, o sistema de paredes avaliado atende ao critério de desempenho relativo à resistência à ação de calor e choque térmico, previsto para fachadas.

Foram feitos ensaios de estanqueidade antes e após o choque térmico e não houve infiltração de água, atendendo-se ao critério de estanqueidade à água da ABNT NBR 15575 e Diretriz SiNAT nº 005.

4.5.1.3 Resistência de aderência à tração do revestimento de argamassa antes e após o choque térmico

Foi feito ensaio de resistência de aderência à tração do revestimento em dois trechos de parede: um trecho foi submetido ao ensaio de ação de calor e choque térmico e outro trecho, não submetido ao ensaio de ação de calor e choque térmico, como descrito no Relatório Técnico IPT nº 155 262-205.

Antes do choque térmico os resultados de aderência à tração atenderam ao critério de, no mínimo, 67% dos resultados válidos apresentarem resistência à tração maior que 0,30 MPa para paredes externas.

Após o choque térmico os resultados de resistência à tração do revestimento de argamassa atenderam ao critério de apresentarem valores de, pelo menos, 70% dos valores iniciais de referência, antes do choque térmico.

4.5.2 Manutenibilidade

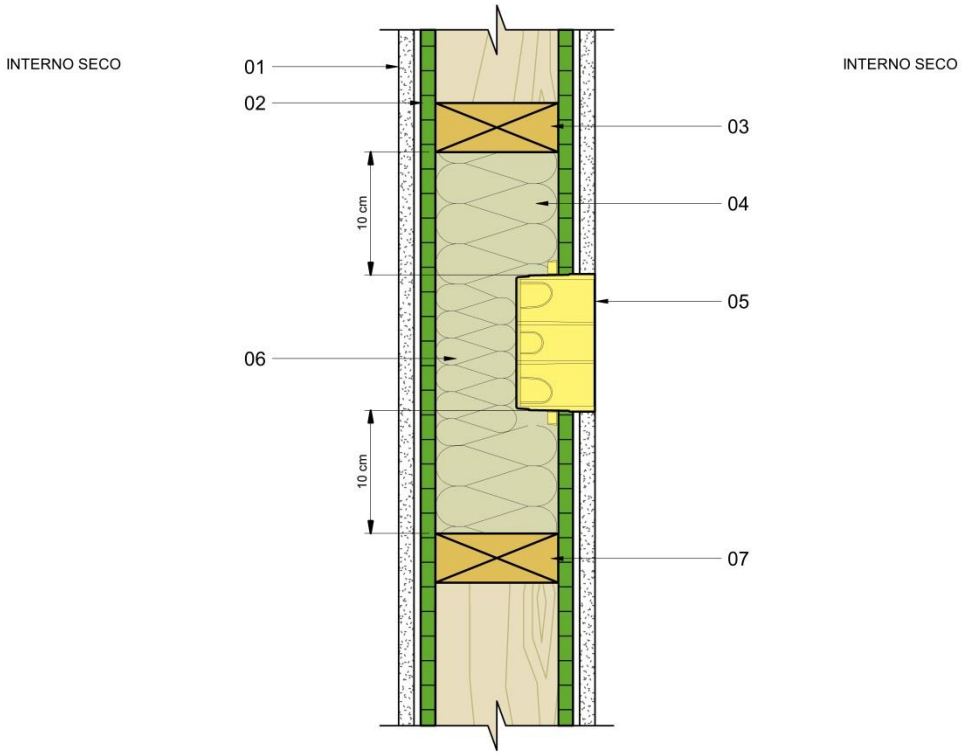
Foi analisado o Manual Técnico de Uso, Operação e Manutenção do produto elaborado pela IMMERGRÜN para a obra objeto da auditoria. Constam informações sobre as características do produto, seus cuidados de uso e manutenção, além dos aspectos que culminam na perda da garantia para os diversos componentes das paredes. Constam, ainda, no documento, os prazos de garantia e a vida útil de projeto dos principais componentes da edificação.

No que se refere especificamente à manutenibilidade das instalações hidro sanitárias há a especificação de janelas de inspeção nos shafts para acesso às tubulações.

4.6 Segurança ao fogo

As paredes de painéis pré-fabricados de wood frame com chapas de madeira compensada, com função estrutural, e que também são usadas como paredes de geminação, foram avaliadas com relação aos requisitos de reação e resistência ao fogo. 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 n° 1 104 932-203 durante o qual foi aplicada uma carga uniformemente distribuída de 1.400 kgf/m.

As paredes de geminação se estendem até o telhado e quando houver passagem de caixinhas de elétrica adota-se lã de rocha envolvendo a caixinha elétrica (Figura 22), além de que as posições das caixinhas não são coincidentes nas duas faces da parede.



LEGENDA

01 Chapa de gesso drywall ST - 12,5mm	04 Lã de rocha - 100mm	07 Blocking de fechamento inferior
02 Chapa de compensado tratado - 12mm	05 Caixa elétrica de embutir	
03 Blocking de fechamento superior	06 Lã de rocha - 50mm	

Figura 22 – Proteção de caixas elétricas – Esquema em corte da parede

Quanto à reação ao fogo foram feitos ensaios de ignitabilidade e SBI, classificando-se as paredes, de acordo com o Relatório de Ensaio IPT n° 1 104 927-203, como Classe II-A.

Em razão dos resultados dos ensaios, consideram-se atendidos os critérios de resistência ao fogo de 30 minutos e de reação ao fogo da ABNT NBR 15575:2013 e da Diretriz SiNAT nº 005, revisão 3 para as paredes.

Os materiais de revestimento de piso (produtos cerâmicos ou cimentícios) e forro (placas de gesso para *drywall*), são classe I ou IIA. A resistência ao fogo do entrepiso é solucionada com o uso de chapas de gesso para *drywall* no forro, com juntas entre chapa de parede e forro tratadas, conforme NBR 15.758-1:2009. Adicionalmente, quando houver passagem de caixinhas de elétrica, prevê-se adoção de lã de rocha envolvendo a caixinha elétrica e selagem corta fogo em *shafts*.

5. CONTROLE DA QUALIDADE

Foi feita a auditoria técnica inicial em obra e em unidade fabril no processo de produção do produto IMMERGRÜN para verificar se o controle da qualidade estava conforme as exigências da DIRETRIZ SINAT Nº 005 – Revisão 3.

A auditoria Inicial em obra foi feita no empreendimento Lares, localizado em Bituruna-PR, de responsabilidade da IMMERGRÜN Construções Inteligentes LTDA., constituído de um sobrado (Relatório Técnico IPT nº 160 016-205).

Constatou-se que o controle da qualidade é exercido em fábrica e em obra pela IMMERGRÜN, de acordo com os documentos técnicos do seu sistema da qualidade (procedimentos de execução e inspeção, fichas de verificação de materiais e serviços, projeto de produção das paredes, dentre outros). Tais documentos preveem o controle de projetos, materiais, serviços, processos e do produto final.

Verificou-se em obra a existência de projetos de montagem dos painéis das paredes e de pisos cuja utilização foi constatada na obra auditada.

Verificou-se, na unidade fabril da IMMERGRÜN, o controle de recebimento dos materiais e componentes, a identificação da espécie dos componentes de madeira maciça, teor de umidade e existência de defeitos (nós, veios, etc.), o controle do tratamento da madeira e o controle de fabricação dos painéis de parede e de piso.

Durante o período de validade deste DATec serão realizadas auditorias técnicas a cada, no máximo, seis meses para verificação dos controles realizados pela construtora, com acompanhamento do detentor da tecnologia (IMMERGRÜN). Para renovação deste DATec serão apresentados os relatórios de auditorias técnicas (incluindo verificação de unidades em execução e verificação do comportamento de unidades em uso).

6. FONTES DE INFORMAÇÃO

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

6.1 Documentos da empresa IMMERGRÜN Construção Inteligente Ltda.

- Projetos da obra alvo da auditoria técnica;
- Memorial descritivo da obra do empreendimento Lares, em Bituruna-PR;
- Instruções de Trabalho (IT_FAB), de fabricação dos painéis de parede e de piso;
- Instruções de Trabalho (IT_OBRA), de montagem dos painéis de parede e de piso e demais serviços em obra;
- Fichas de Verificação de Insumos (VI_SUP), de controle de recebimento dos materiais e componentes em fábrica;

- Manual de uso, operação e manutenção da edificação (Manual do proprietário), elaborado pela Immergrün para a obra alvo da auditoria técnica.

6.2 Relatórios Técnicos e Relatórios de Ensaio

- Relatório Técnico IPT nº 160 016-205 – Auditoria técnica inicial na produção do sistema construtivo *light wood frame* da Immergrün, de paredes com chapas de madeira compensada tratada, para emprego em casas térreas e sobrados isolados e geminados, (Junho de 2020);
- Relatório Técnico IPT nº 159 824-205 – Avaliação técnica complementar do sistema *light wood* frame de paredes com chapas de madeira compensada tratada, para emprego em casas térreas e sobrados isolados e geminados, (Junho de 2020);
- Relatório Técnico IPT nº 157 065-205 – Ensaios de compressão excêntrica em painéis de parede de madeira, (Junho de 2019);
- Relatório Técnico IPT nº 156 576-205 – Verificação do risco de ocorrência de condensação de vapor d'água em paredes de chapa cimentícia, chapa de madeira compensada e lã de rocha, nas Zonas Bioclimáticas Brasileiras 1 e 3, (Maio de 2019, eletrônico);
- Relatório Técnico IPT nº 156 573-205 – Avaliação do desempenho térmico de sobrado com paredes de chapa cimentícia, chapa de madeira compensada e lã de rocha, nas Zonas Bioclimáticas Brasileiras 1 e 3, (Maio de 2019, eletrônico);
- Relatório Técnico IPT nº 155 262-205-205 – Avaliação técnica de sistema light wood frame de paredes e de piso com chapas de madeira compensada tratada, para emprego em casas térreas e sobrados isolados e geminados, (Março de 2019);
- Relatório Técnico IPT nº 155 112-205 – Verificação do risco de ocorrência de condensação de vapor d´água em paredes de chapa cimentícia e chapa de madeira compensada, na Zona Bioclimática Brasileira 1, (Dezembro de 2018);
- Relatório Técnico IPT nº 155 087-205 – Avaliação do desempenho térmico de sobrado com paredes de chapa cimentícia e chapa de madeira compensada, na Zona Bioclimática Brasileira 1, (Dezembro de 2018);
- Relatório Técnico IPT nº 149 109-205 – Avaliação do desempenho estrutural de sistema de piso e de parede tipo Light Wood Frame (estrutura leve de peças maciças de madeira e chapas de madeira compensada), (Dezembro de 2016);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 119 000-203 – Verificação da resistência de sistemas de vedações verticais aos impactos de corpo duro e ações transmitidas por porta, (Setembro de 2020);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 108 599-203 – Verificação de sistema de vedação vertical externa quanto à resistência a ação do calor e choque térmico e à estanqueidade à água, (Abril de 2019);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 108 481-203 – Ensaios de caracterização de argamassa para revestimento, (Abril de 2019);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 106 181-203 – Placa de fibrocimento. Ensaios de caracterização, (Janeiro de 2019);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 105 506-203 – Ensaios de desempenho de sistemas de vedação vertical (resistência a ação do calor e choque térmico e à estanqueidade à água, resistência às solicitações de peças suspensas), (Dezembro de 2018);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 105 467-203 – Ensaios de desempenho (resistência a impactos de corpo mole e carga concentrada), (Dezembro de 2018);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 105 105-203 – Caracterização de chapas de compensado e determinação da retenção/penetração de produto preservativo, (Novembro de 2018);

- Relatório de Ensaio IPT nº 1 104 932-203 – Determinação da resistência ao fogo em parede com função estrutural, (Novembro de 2018);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 104 927-203 – Determinação do desempenho quanto à reação ao fogo, (Novembro de 2018);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 104 112-203 – Ensaios de caracterização de argamassa para revestimento, (Outubro de 2018);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 104 009-203 – Caracterização de chapas de compensado e determinação da retenção/penetração de produto preservativo, (Outubro de 2018);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 103 992-203 – Determinação da isolação sonora, (Outubro de 2018);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 101 051-203 – Ensaio de identificação botânica, determinação do teor de umidade, densidade aparente, compressão paralela às fibras da madeira e retenção de produto preservativo, (Junho de 2018);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 101 049-203 – Ensaio de identificação botânica, determinação do teor de umidade, densidade aparente, compressão paralela às fibras da madeira e retenção de produto preservativo, (Junho de 2018);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 098 901-203 – Ensaios de caracterização de argamassa inorgânica, (Março de 2018).
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 086 207-203 – Verificação da resistência de sistema de piso a impactos de corpo mole, carga concentrada e carga distribuída, (Novembro de 2016).
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 086 206-203 – Verificação da resistência de sistema de paredes a impactos de corpo mole e peças suspensas, (Dezembro de 2016);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 085 648-203 – Ensaios de determinação de propriedades físicas e mecânicas em painéis de madeira compensada de 18 mm – uso estrutural, (Novembro de 2016);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 085 647-203 – Ensaios de determinação de propriedades físicas e mecânicas em painéis de madeira compensada de 12 mm – uso estrutural, (Novembro de 2016);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 085 646-203 – Ensaio de determinação da qualidade de colagem em painéis de madeira compensada, (Novembro de 2016);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 085 645-203 – Ensaio de determinação da qualidade de colagem em painéis de madeira compensada, (Novembro de 2016);
- Relatório de Ensaio IPT nº 148 729-205 – Determinação da resistência à compressão excêntrica, (Dezembro de 2016).

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 Detentor da tecnologia, IMMERGRÜN, é o único responsável pela qualidade do produto avaliado no âmbito do SINAT;

b) O Detentor deve produzir e manter o produto, bem como o processo de produção, no mínimo nas condições de qualidade e desempenho que foram avaliadas no âmbito do SINAT;

c) O Detentor deve produzir o produto de acordo com as especificações, normas e regulamentos aplicáveis, incluindo as diretrizes SINAT;

d) O Detentor 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 IMMERGRÜN Construções Inteligentes Ltda., compromete-se a:

a) Manter o produto "*Sistema construtivo Immergrün de painéis pré-fabricados de wood frame para casas térreas e sobrados*", 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 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, 05 de novembro de 2020.