

a revista do engenheiro civil

www.revistatechne.com.br

apoio
IPT

téchné

Edição 191 ano 21 fevereiro de 2013 R\$ 25,00

PINI



COBERTURA METÁLICA

Santuário Mãe de Deus, em São Paulo

ACÚSTICA

Mapeamento de ruídos

Módulos rápidos

Sistema unitizado com painéis pré-fabricados promete alta produtividade na execução de fachadas. Conheça detalhes da tecnologia e soluções de projeto



Paredes de painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos

Descrição do sistema

Sistema construtivo de painéis estruturais pré-moldados mistos compostos por blocos cerâmicos de vedação com oito furos quadrados e nervuras de concreto armado, destinado à construção de casas térreas isoladas. Os blocos cerâmicos têm largura de 9 cm e são revestidos com argamassa nas duas faces com 1 cm de espessura. A produção dos painéis é feita no canteiro de obras. A moldagem é realizada sobre uma pista de concreto, sendo que as bordas dos painéis e os vãos das esquadrias são delimitados por fôrmas de madeira. No processo de moldagem, são montados até quatro painéis sobrepostos em pilha, intermediados por uma chapa metálica galvanizada. Os painéis são formados por blocos cerâmicos com oito furos quadrados distribuídos justapostos e delimitados por nervuras, formando uma moldura envoltória e nervuras internas de concreto armado. A cobertura da unidade habitacional térrea é em telhado cerâmico e estrutura em perfis metálicos. O forro é composto por laje mista pré-fabricada na área de circulação interna da unidade habitacional. Nos demais ambientes, o forro é com régua de PVC. O pé-direito é de 2,60 m.

Características técnicas

Fôrmas

Os painéis são montados sobre as pistas de concreto e delimitados por



Pista de concreto

fôrmas de madeira travadas por perfis metálicos.

Painel parede

Os painéis formam paredes com 11 cm de espessura. Os blocos cerâmicos vazados são umedecidos com água e justapostos sobre uma camada de argamassa com 1 cm de espessura, seguindo o projeto de cada painel. Os painéis possuem nervuras perimetrais, formando um quadro externo e nervuras internas de concreto armado. O concreto tem massa específica aproximada de 2.400 kg/m^3 e resistência à compressão aos 28 dias de 25 MPa. O abatimento especificado é de $(80 \pm 20) \text{ mm}$. A cura é feita por meio de aspersão de água com solução de resina sintética seguida de proteção com cobertura de lona plástica. As nervuras de concreto são armadas com fios de aço CA-60 de

acordo com o projeto específico dos painéis, observando-se um cobrimento de 25 mm das armaduras. As armaduras de reforço são de treliças metálicas nas nervuras centrais dos painéis que formam os oitões e nas empenas das portas. As armaduras nas demais nervuras de concreto dos painéis são em fios de aço CA-60, com 4,2 mm ou 6,0 mm de diâmetro.

Nas cabeceiras dos painéis, são posicionados ganchos em aço CA-50 com 10,0 mm de diâmetro para movimentação e transporte. A movimentação do painel para desenforma e içamento é efetuada após 72 h da moldagem e verificação da resistência à compressão do concreto, de 16 MPa.

Ligações entre painéis de parede

As ligações entre painéis são feitas por meio de soldagem das esperas laterais, constituídas por barras de aço CA-25. A soldagem entre os painéis dos oitões é realizada em três pontos distintos, distribuídos ao longo da altura do painel. No encontro entre as paredes internas, a soldagem ocorre em um único ponto, localizado na região superior do painel. Para a proteção das regiões de solda é aplicada pintura epóxi rica em zinco.

Interface entre painéis e instalações

Os eletrodutos passam pelos furos dos blocos cerâmicos e as caixas de luz são embutidas mediante cortes dos blocos. As tubulações hidráulicas, com 25 mm de diâmetro, são recobertas por uma tela de poliéster, posicionadas sobre os blocos cerâmicos e revestidas por uma camada de argamassa de 40 mm de espessura.



Moldagem do painel



Lançamento de argamassa



Distribuição dos blocos cerâmicos

Interface entre painéis e esquadrias

Os vãos de janelas são delimitados por fôrmas de madeira na moldagem dos painéis. Os marcos das portas são montados durante a concretagem e a fixação é feita por meio de ancoragem de suas grapas à nervura de concreto armado. A fixação das janelas é realizada com espuma de poliuretano. A vedação das juntas da interface da janela com o painel é feita com silicone na face voltada para o interior da edificação. A face externa recebe argamassa e pintura acrílica.

Revestimentos

As paredes possuem revestimento em argamassa com espessura de 1 cm nas faces internas e externas, aplicada durante a moldagem dos painéis. Nas áreas molhadas é assentado revesti-

mento cerâmico com argamassa colante tipo AC-II. As paredes podem receber outros revestimentos cerâmicos, pedra, molduras, frisos, entre outros elementos decorativos.

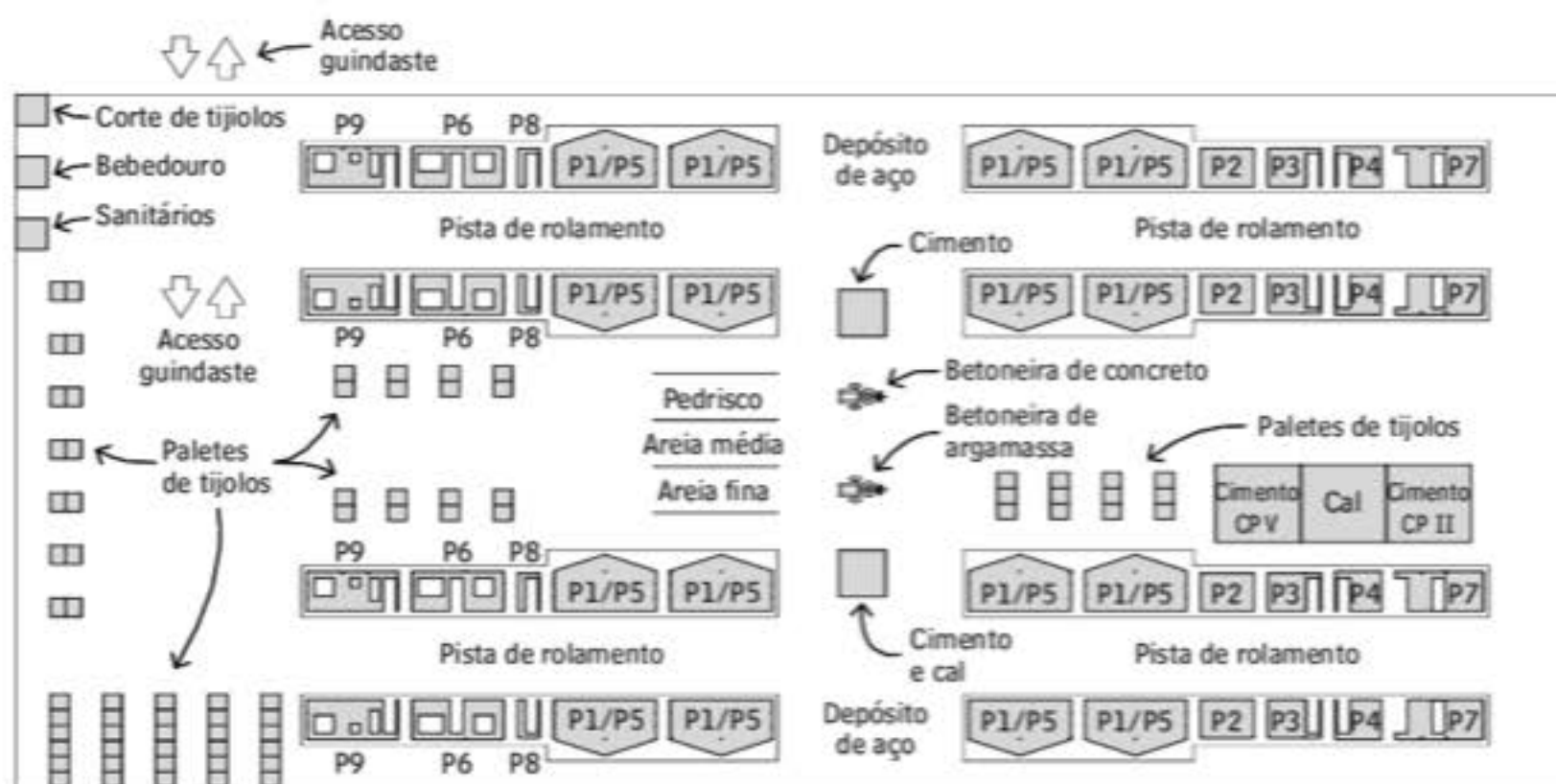
Acabamentos

O acabamento das faces externas das paredes externas e das áreas molháveis é realizado por meio de pintura acrílica. Nas faces internas dos demais ambientes é aplicada pintura látex PVA. As paredes do boxe de banho recebem revestimento cerâmico assentado com argamassa colante tipo AC-II, até a altura de 1,50 m. Sobre a pia da cozinha e o tanque, é assentada uma fiada de revestimento cerâmico. O piso da cozinha e o do banheiro são revestidos com placas cerâmicas, assentadas com argamassa colante tipo AC-II.

Execução

Produção dos painéis

- Preparação das pistas (base) de concreto desempenado e liso para moldagem dos painéis estruturais pré-moldados mistos compostos por blocos cerâmicos e nervuras de concreto armado. Sobre esta pista é colocada chapa metálica galvanizada e aplicado desmoldante para concreto.
- Sobre a chapa metálica galvanizada distribui-se argamassa com 10 mm de espessura.
- Sobre a argamassa distribuem-se os blocos cerâmicos previamente umedecidos com água, de acordo com a paginação específica para cada parede.
- Posicionamento das armaduras conforme projeto.
- Aplicação de chapisco rolado com-



Planta de um canteiro para produção dos painéis mistos

0 2 10 »

posto por areia grossa e cimento, com aditivo colante.

■ As instalações do sistema elétrico são embutidas durante a moldagem dos painéis.

■ Concretagem das nervuras com concreto com $f_{ck} = 25$ MPa.

■ Aplicação de argamassa com 10 mm de espessura na face superior dos painéis. Na sequência, o processo de montagem é repetido com a distribuição de chapa metálica galvanizada e demais insumos, com empilhamento de até quatro painéis.

■ Aspersão de água com solução de resina acrílica na face superior do último painel; em seguida são cobertos com lona plástica para melhorar a cura.

■ Retirada das fôrmas de madeira após 12 horas da aplicação da argamassa superior do último painel montado.

■ As bases dos painéis recebem aplicação de emulsão asfáltica após a retirada das fôrmas de madeira.

■ A desenforma (içamento) é feita após 72 horas da moldagem e verificação da resistência à compressão mínima de 16 MPa do concreto das nervuras.

■ Movimentação, içamento e transporte são realizados com auxílio de caminhão trucado e guindaste. Os painéis são apoiados no caminhão sobre cavaletes metálicos e transportados até o local definitivo.

Montagem das paredes

■ Marcação da posição das paredes e fixação das escoras para apoio e prumo dos painéis durante a montagem sobre o radier, com auxílio de um gabarito metálico.

■ Distribuição de calços plásticos nos locais demarcados, para auxílio no posicionamento e nivelamento do painel.

■ A montagem no local definitivo é iniciada pela parede central.

■ Montagem do próximo painel na sequência indicada no projeto.

■ Ligação entre painéis por meio da soldagem das esperas aplicadas nas laterais.

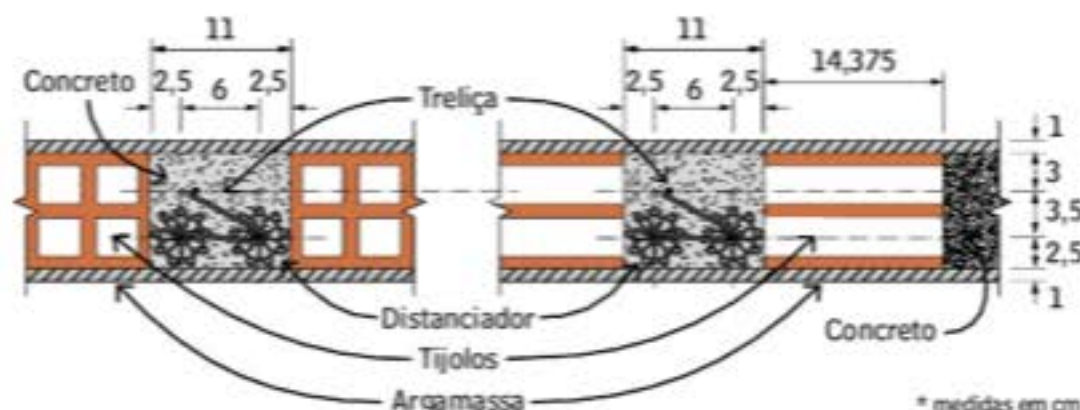
■ Proteção nos pontos de soldagem com pintura rica em zinco; os vãos são preenchidos com graute de 25 MPa. O acabamento dessa região é realizado com argamassa de revesti-



Instalações hidráulicas



Regularização com argamassa



Detalhe das nervuras de concreto e cobrimento das armaduras

mento com 10 mm de espessura. Nesse revestimento é realizado um rebaixo retangular ao longo da altura do painel e aplicada tela de poliéster e argamassa de revestimento com aditivo.

■ Fixação da estrutura metálica da cobertura na face superior dos painéis.

Indicadores de prazo

Conforme informações da Construtora Dharma, a montagem do canteiro para produção dos painéis é feita em aproximadamente 15 dias. Por dia podem ser fabricados painéis para até quatro casas, montados os painéis de até quatro casas e feito acabamento em até quatro casas.

Ferramentas e equipamentos

necessários para a execução do serviço

Os itens necessários para cada etapa de produção são descritos na *tabela 1*.

Segurança

O início dos serviços é precedido das proteções, evitando, assim, a queda de pessoas ou materiais.

Em qualquer situação de transporte vertical, a carga máxima suportada pelo equipamento tem de ser respeita-

da, além de serem tomadas todas as cautelas necessárias para que não haja queda de materiais.

De acordo com a empresa, os procedimentos de segurança a serem seguidos são os que constam na NR-12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.

Os EPIs necessários durante a execução do serviço são:

- Bota de segurança com bico de aço
- Capacete de segurança
- Cinto de segurança com trava-quebras (preso em cabo de aço ou corda de segurança auxiliar)
- Luva de proteção (vinílica ou raspa)
- Óculos de segurança
- Protetor auricular

Controle da qualidade

Conforme o Documento de Avaliação Técnica (DATec) nº 013, emitido pelo Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (Sinat) em dezembro de 2012, a Construtora Dharma é responsável por desenvolver e manter procedimentos e controles da qualidade em suas obras. Os controles são fundamentados por documentos técnicos, projetos, recebimento de materiais, estocagem, processo produtivo,

verificação da conformidade do produto acabado, até a montagem dos painéis em local definitivo.

Além disso também são verificados:

- Recebimento de materiais e componentes (ensaios de verificação da consistência e da resistência à compressão do concreto na idade de desforma e aos 28 dias)
- Sequência e qualidade das etapas de produção (limpeza e controle geométrico das fôrmas; posicionamento e cobrimento das armaduras; lançamento do concreto; desforma; cura; transporte e armazenamento)
- Recebimento dos painéis após desforma (identificação, tolerâncias dimensionais, aparência e eventual presença de falhas)
- Sequência e qualidade da montagem dos painéis em canteiro de obras (ligação com fundação, travamento e alinhamento dos painéis, soldas, tratamento das juntas, acabamentos e interfaces com esquadrias e demais componentes)
- Controle tecnológico do concreto e do graute
- Rastreabilidade das informações

Avaliações técnicas

O sistema construtivo é detentor do DATec nº 013, emitido pelo Sinat em dezembro de 2012, com validade até novembro de 2014. Do documento constam os resultados apresentados a seguir.

Desempenho estrutural

A resistência característica do concreto de 25 MPa atende à classe de agressividade urbana (classe II). O fator água-cimento é menor ou igual a 0,60 e a resistência à compressão do concreto na desforma a 72 horas é de 16 MPa, no mínimo. O cobrimento de concreto das armaduras é de 25 mm. De acordo com o DATec nº 013, foi analisada a resistência às cargas verticais considerando os estados limite último (ELU) e de serviço (ELS).

Os painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos foram submetidos aos ensaios de:

- Resistência a impactos de corpo mole (60 J a 720 J)
- Resistência a impactos de corpo duro (3,75 J e 20 J)

Tabela 1 – FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

Procedimento	Ferramentas	Equipamentos
Montagem das pistas de fabricação dos painéis	Enxada/pá de bico, trena/metro, mangueira de nível, colher de pedreiro, carrinho de mão, linha de pedreiro, prumo de face, alavanca, picareta/chibanca, torquês	Alisadora de superfície
Fabricação dos painéis	Enxada, pá de bico, padiola, feltro, colher de pedreiro, torquês, desempenadeira, réguas de alumínio, réguas de aço	Jerica, betoneiras, serra policorte, carros de transporte, máquina de corte
Transporte dos painéis	Escada, alavanca	Guindaste, caminhão trucado, cavalete de transporte, cintas de amarração, dispositivo para içamento
Montagem da casa	Gabarito metálico, trena/metro, mangueira de nível, linha de pedreiro, prumo de face, alavanca, furadeira, escada	Guindaste, caminhão trucado, conversor de solda, esmerilhadeira
Acabamento da casa	Régua de alumínio, colher de pedreiro, carrinho de mão, prumo de face	Betoneira, fôrma metálica
Produção de concreto e argamassa	Pá, enxada	Betoneira, jerica, recipientes para medição

Fonte: Procedimentos Operacionais – Casa Fácil – Alvenaria Simplificada, Grupocap.



Posicionamento de porta e janelas



Painel pronto com porta e janelas

- Capacidade de suporte de peças suspensas

- Ações transmitidas por portas (fechamentos bruscos e impacto de corpo mole na folha de porta)

De acordo com o DATec, o sistema construtivo atende aos requisitos e critérios de desempenho estrutural para construção de unidades habitacionais térreas.

Estanqueidade à água

De acordo com o DATec nº 013, foram realizados ensaios de estanquei-

dade em laboratório para avaliação das paredes sem pintura do sistema construtivo, bem como análise dos projetos nas interfaces entre os painéis e entre os painéis e a fundação.

A estanqueidade de pisos das áreas molhadas e molháveis é atendida considerando diferenças de cotas e caimentos, por meio de revestimento com placas cerâmicas e rodapé cerâmico.

A estanqueidade foi verificada para o painel e também para a interface entre o painel e a esquadria de alumínio. »

De acordo com o DATec nº 013 a estanqueidade à água de paredes internas e externas, decorrentes da ocupação do imóvel, são atendidas. A estanqueidade da cobertura deve estar em conformidade com as normas brasileiras relativas a telhados com telhas cerâmicas.

Desempenho térmico

O desempenho térmico para o período de verão é apresentado na *tabela 2*. O sistema construtivo atende à condição padrão nas sete zonas bioclimáticas (Z1 a Z7) com cores claras, médias ou escuras para a condição de inverno.

Desempenho acústico

Realizou-se ensaio em laboratório para verificar o índice de redução sonora das paredes. O resultado encontrado foi de $R_w = 42$ dB. O Datec nº 013 informa que, desde que sejam utilizadas esquadrias com isolamento adequado, o desempenho acústico das paredes do sistema construtivo atende à Diretriz Sinat nº 002 (revisão 1) para fachadas. O isolamento sonoro da cobertura deve ser compatível com a fachada.



Painéis prontos empilhados



Fixação do painel sobre o radier

Segurança ao fogo

O sistema atende aos requisitos de segurança ao fogo (dificultar a ocorrência de princípio de incêndio; dificultar a inflamação generalizada). Ressalta-se que o projeto de cada edificação deve considerar as exigências da NBR 14.432:2001 – Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos de Edificações – Procedimento e do Corpo de Bombeiros contidas nas regulamentações das Unidades Federativas brasileiras em que a edificação será construída, além dos regulamentos municipais específicos. A

avaliação foi conduzida para unidades habitacionais térreas isoladas.

Durabilidade e manutenibilidade

A especificação do projeto estrutural indica concreto C 25 para uso em área urbana, classe de agressividade II e cobrimento nominal (c_{nom}) da armadura de 25 mm nas nervuras dos painéis.

O comportamento das juntas entre painéis deve ser analisado constantemente pela Construtora Dharma ao longo da vida útil de projeto.

De acordo com o DATec nº 013, a

Tabela 2 – CONDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA A OBTENÇÃO DO NÍVEL DE DESEMPENHO TÉRMICO MÍNIMO NAS ZONAS BIOCLIMÁTICAS DE 1 A 7, NO PERÍODO DE VERÃO

Zonas Bioclimáticas	Condição padrão ^b	Cor do acabamento externo das paredes ^a		
		Com ventilação ^c	Com sombreamento ^d	Com ventilação e com sombreamento ^e
1	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor
2	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor
3	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor
4	Atende com cor clara	Atende com cor clara	Atende com cor clara	Atende com cor clara
5	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor
6	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor
7	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor	Atende com qualquer cor

Notas:

^aabsortância à radiação solar da superfície externa das paredes igual a $\alpha = 0,3$ para cor clara; $\alpha = 0,5$ para cor média e $\alpha = 0,7$ para cor escura;

^bcondição padrão: ambientes com ventilação somente por infiltração por frestas em janelas e portas e uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0 Ren/h) e janelas sem sombreamento;

^ccondição com ventilação: ambientes com ventilação de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0 Ren/h) e janelas sem sombreamento;

^dcondição com sombreamento: proteção solar interna ou por meio de veneziana que impeça a entrada de radiação solar direta ou reduza em 50% a incidência da radiação solar global no ambiente e ventilação somente por infiltração por frestas em janelas e portas de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0 Ren/h);

^econdição com sombreamento e com ventilação: proteção solar interna ou por meio de veneziana que impeça a entrada de radiação solar direta ou reduza em 50% a incidência da radiação solar global no ambiente e ventilação de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0 Ren/h).

Tabela 3 – VIDA ÚTIL DE PROJETO E PRAZOS DE GARANTIA

Elemento construtivo	VUP (anos)		Prazos de garantia (anos)	
	Mínimo	Superior	Mínimo	Superior
Paredes estruturais	≥ 40	≥ 60	5	7,5
			Segurança e estabilidade global, estanqueidade de fundações e contenções	

Nota: para o nível superior, o prazo de garantia foi acrescido de 50% em relação ao mínimo. Tais períodos de VUP dependem dos serviços de manutenção a serem realizados pelo usuário ao longo do tempo, conforme manual de uso e manutenção do sistema construtivo. É fundamental a proteção das paredes por meio de manutenções periódicas dos revestimentos.



Montagem da casa



Estrutura da casa montada

aderência da argamassa antes e após ensaio de ação de calor e choque térmico no painel externo atende aos critérios da Diretriz Sinat nº 002 (revisão 1).

Os aspectos de manutenção constam do Manual de Operação, Uso e Manutenção elaborado pela Construtora Dharma, relativos aos elementos construtivos que compõem ou têm interferência com o sistema construtivo. Tal manual também estabelece os períodos de vida útil de projeto, especificações sobre os cuidados para a utilização e manutenção e a periodicidade de renovação das pinturas sobre as paredes.

Condições e limitações de uso

De acordo com o DATec nº 013, o sistema construtivo não possibilita a ampliação vertical da unidade. As paredes não podem ser demolidas total ou parcialmente. A modificação em paredes e lajes deve ser previamente informada e acordada com a Construtora Dharma. Os cuidados na utilização constam do Manual de Operação, Uso e Manutenção. A limitação também se estende às classes de agressividade I e II, ambientes rurais e urbanos.

Vida útil de projeto e prazos de garantia

Conforme a NBR 15575-1:2012 – Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos – Desempenho, a vida útil é uma indicação do tempo de vida ou da durabilidade de um edifício e suas partes. A Vida Útil de Projeto (VUP) é definida no projeto do edifício e de suas partes, como uma aproximação da durabilidade desejada pelo usuário, representando uma expressão de caráter econômico de uma exigência do usuário, contemplando custos iniciais, custos de operação e de manutenção ao longo do tempo.

No Brasil, para os edifícios habitacionais, foi adotado, em caráter informativo, o período de 40 anos como VUP_{mínimo} (vida útil de projeto mínima) e o período de 60 anos como VUP_{superior} (vida útil de projeto superior), sendo que a escolha de um ou outro período cabe aos intervenientes no processo de construção. Para que a VUP seja atingida é necessário o emprego de produtos com qualidade compatível, a adoção de processos e técnicas adequados e o cumprimento,

por parte do usuário e do condomínio, dos programas de manutenção e das condições de uso previstas. Os aspectos fundamentais de uso e manutenção do edifício e de suas partes normalmente são informados no Manual de Operação, Uso e Manutenção do edifício, ou em manuais de fabricantes, sendo que a NBR 5.674:2012 – Manutenção de Edificações – Requisitos para o Sistema de Gestão de Manutenção é uma referência para definição e realização de programas de manutenção nos edifícios. Associado à VUP está o prazo de garantia, contado a partir da expedição do Auto de Conclusão ou Habite-se do edifício.

Considerando-se, portanto, os prazos de vida útil mínimo e superior para o edifício habitacional, de 40 e 60 anos, respectivamente, a NBR 15575-1 traz, em caráter informativo, os prazos de VUP e de garantia para paredes estruturais, apontados na tabela 3.

Indicadores ambientais

■ Classificação do resíduo: conforme resoluções Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) 307 de 05 de julho de 2002 e 431 de 24 de maio de 2011, os resíduos podem ser considerados de classe A (concreto, argamassa e blocos cerâmicos) e de classe B (metais).

■ Destinação do resíduo: os itens de classe A são destinados a aterros de resíduos da construção civil, ou são reciclados como agregados, enquanto que os de classe B são recicláveis.

Indicadores de preços e formas de comercialização

Itens a serem tratados diretamente com a empresa. «

Fernando Benigno da Silva

EMPRESA

Construtora Dharma
Estrada do Ipiranga, 3.000 – Bairro
Cond. Náutico Ilha Brasil
CEP: 37205-000
Ijací – MG
Tel.: (35) 3821-5009
Home page: www.gruposcap.com.br
E-mail: mantunes@gruposcapp.com.br