

Pré-fabricados de concreto: solução sustentável para habitações econômicas

MARCELO MONTEIRO DE MIRANDA – CEO

PRECON ENGENHARIA

O debate sobre a Sustentabilidade está em seu ápice após mais de 40 anos de evolução. No atual momento histórico, os diversos temas que compõem este conceito vêm sendo estudados para maior compreensão de suas características e para a busca por soluções para os problemas por eles gerados.

Neste contexto, o setor da construção vem sendo continuamente cobrado por governos, sociedade civil organizada, agentes financeiros, entre outros, para que tenha uma atuação com reduzidos impactos ambientais, econômicos e sociais negativos. Por outro lado, espera-se também que o setor possa contribuir para a solução de problemas de grande magnitude como o déficit habitacional e o crescimento urbano caótico.

Será apresentado neste artigo um estudo de caso de construção habitacional industrializada, concebida em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, incluindo a norma de desempenho e as premissas de sustentabilidade, tendo como foco a habitação social, em especial o programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Lançado em março de 2009 pelo ex-presidente Luiz Inácio Lula da Silva, o Programa Habitacional Popular, voltado para o atendimento de necessidades habitacionais de famílias de baixa renda nas áreas urbanas, visa garantir o acesso à moradia digna com padrões mínimos de segurança e habitabilidade, estimulando ainda a inclusão

de aspectos de sustentabilidade. Sancionada, em 2011, pela presidenta Dilma Rousseff, a segunda etapa do projeto, tem meta ambiciosa, que passou da construção de um milhão de habitações para dois milhões, priorizando famílias com renda bruta de até três salários mínimos, mas que também abrange famílias com renda de até dez salários mínimos. Até o fim de 2011, somando-se as duas etapas do PMCMV, 1,46 milhão de moradias haviam sido contratadas – 457 mil somente em 2011 – e 720 mil concluídas¹.

A Fundação João Pinheiro estimou, para 2008, um déficit habitacional correspondente a 5,546 milhões de domicílios, dos quais 4,629 milhões se localizam nas áreas urbanas. Deste total, 36,9% se localizam na região Sudeste e 35,1% no Nordeste.

Enquanto no Nordeste há um déficit na área rural de 641 mil domicílios, no Sudeste este número é de apenas 76 mil. No que diz respeito às Unidades da Federação, os valores do déficit são gritantes em São Paulo, com 1,060 milhões do total, sendo 510 mil unidades na Região Metropolitana de São Paulo. Em seguida aparece a Bahia com 485 mil, 116 mil na Região Metropolitana de Salvador. Em Minas Gerais, são 474 mil, das quais 115 mil na Região Metropolitana de Belo Horizonte. O Maranhão aparece em seguida com 434 mil unidades de déficit. Por fim, o Rio de Janeiro necessita de 426 mil unidades, 75% na Região Metropolitana de sua capital.



¹ DADOS DO RELATÓRIO DO 1º ANO DO PAC 2, DISPONÍVEL EM:

[HTTP://WWW.BRASIL.GOV.BR/PAC/RELATORIOS/PAC-2/BALANCO-DE-UM-ANO-DO-PAC-2](http://www.brasil.gov.br/pac/relatorios/pac-2/balanco-de-um-ano-do-pac-2).

Tabela 1 – Déficit habitacional por faixa de renda – Fonte: FJP, 2011

Renda Familiar	Percentual no déficit habitacional urbano brasileiro
Até 3 salários mínimos	89,6%
Acima de 3 até 5 salários mínimos	7,0%
Acima de 5 até 10 salários mínimos	2,8%
Acima de 10 salários mínimos	0,6%

Ao classificar o déficit habitacional segundo a faixa de renda das famílias em salários mínimos, a pesquisa reafirma a concentração do déficit habitacional na faixa de renda mais baixa da população, com famílias com rendimentos de até três salários mínimos (Tabela 1).

Neste contexto, a PRECON Engenharia, empresa que há quase 50 anos se dedica à construção civil, tendo na pré-fabricação em concreto um dos ramos de atuação, desenvolveu uma solução que, através de maior tecnologia agregada, apresentasse maior qualidade e produtividade, ao mesmo tempo que estivesse enquadrada nos custos propostos pelo programa. Aprovada pelo Sistema Nacional de Avaliações Técnicas vinculado ao PBQP-h (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat), teve o seu Datec (documento de Avaliação Técnica) expedido em conformidade com a diretriz 2, que estabelece sua conformidade com as normas técnicas da ABNT, com os critérios para desempenho estrutural, térmico, acústico, resistência ao fogo e de estanqueidade. A conformidade foi avaliada e tem sido monitorada pelo Instituto Falcão Bauer e pelo ITA (Instituto Técnico de Avaliação), credenciados e habilitados pelo programa. Foi também certificada pelo Selo Casa Azul, que estabelece critérios para as habitações sustentáveis. O fato da empresa possuir o nível III do Selo de Excelência Abcic, programa do setor de pré-fabricados da Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto, que avalia, por entidade de terceira parte, a qualidade, segurança e meio ambiente das plantas de produção e obras,

e também a certificação ISO9001, contribuiu sobremaneira para os resultados alcançados.

A CONCEPÇÃO DO SISTEMA EM PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

O sistema construtivo é constituído por painéis de vedação pré-fabricados mistos, sem função estrutural, para aplicação em edifícios de até oito pavimentos, desde que a estrutura seja pré-fabricada e sejam desenvolvidos os projetos específicos para cada tipologia e empreendimento. A estrutura é composta por pilares, vigas e lajes pré-fabricadas de concreto:

- Pilares em concreto armado pré-fabricados com resistência característica do concreto especificada em projeto, f_{ck} , igual a 45MPa.
- Vigas pré-fabricadas protendidas e com resistência característica do concreto especificada em projeto, f_{ck} , igual a 35MPa.
- Lajes pré-concretadas do tipo pré-lajes, maciças, em concreto armado, com resistência f_{ck} igual a 25MPa com espessura mínima de 4cm. Após instalação em local definitivo, recebem armaduras negativas e complemento em concreto (definindo espessura conforme projeto) de mesma resistência, conformando uma laje monolítica. Na laje de cobertura, o complemento em concreto executado no local é de, ao menos, 8cm de espessura, conformando uma laje monolítica de 12cm de espessura total.
- Armaduras em aço CA 50 e/ou CA 60 conforme projeto estrutural.

Os componentes estruturais são dimensionados para atender as normas ABNT NBR 9062, ABNT NBR 6118, ABNT NBR 14860, ABNT NBR 12655 e recomendações da norma de desempenho ABNT NBR 15575-2:2010.

As paredes de vedação, consideradas como elementos inovadores do sistema construtivo, são em painéis pré-fabricados mistos e produzidas com blocos cerâmicos com oito furos, com dimensões de 11,5x19,0x29,0cm e nervuras de concreto armado.

Os painéis recebem reforços em nervuras de concreto com resistência f_{ck} igual a 40MPa, armado com aço CA 50 e/ou CA 60, posicionados conforme projeto específico do painel. As nervuras são dispostas na horizontal, vertical e no perímetro do painel, com função exclusiva de estruturar o

Figura 1 – Vista geral da fábrica – produção dos painéis



painel para sua desenforma, manuseio, transporte e montagem no local definitivo.

Durante o processo de produção, os painéis recebem revestimento de 1,5cm de argamassa em sua face superior (face externa à edificação). A outra face (interna à edificação) recebe acabamento em gesso de 0,5cm, após instalação do painel no local definitivo. A espessura final dos painéis de fachada é de 13,5cm. Os painéis internos recebem revestimento em gesso nas duas faces de 0,5cm de espessura, conformando uma espessura total dos painéis de 14 cm.

Todos os elementos do sistema construtivo são produzidos em ciclos diários, nas respectivas linhas de produção das fábricas e, após liberados pelo controle de qualidade, são transportados para as obras, onde a montagem dos elementos é realizada com a utilização de equipamentos apropriados.

As ligações entre vigas, pilares e lajes são executadas na obra tornando a estrutura monolítica.

As instalações hidrossanitárias são externas aos painéis: as colunas do sistema hidrossanitário e sistema elétrico de alimentação são localizados em shafts que recebem fechamento em placas.

AVALIAÇÃO TÉCNICA EM RELAÇÃO À DIRETRIZ 2 – SINAT

A avaliação técnica de desempenho foi conduzida conforme a Diretriz SINAT Nº002 Rev. 01, a partir da análise de projetos, ensaios laboratoriais, inspeções técnicas na unidade de produção, inspeções de campo em obras e demais atividades que constam dos relatórios técnicos e de ensaios citados no item 6.2.

DESEMPENHO ESTRUTURAL

A avaliação do desempenho estrutural foi realizada com base na memória de cálculo e no projeto detalhado da estrutura de concreto pré-fabricado para edifício de até oito pavimentos.

Na Memória de Cálculo foi avaliada diretamente a capacidade dos elementos estruturais resistirem aos carregamentos normais do seu peso próprio e àqueles provenientes das lajes, assim como das

forças de vento e de sobrecargas.

Os painéis pré-fabricados mistos são elementos de vedação. Foram considerados na análise estrutural como elemento de transferência dos esforços de vento para a estrutura e o carregamento de seu peso próprio.

O projeto estrutural contempla o detalhamento das armações de todos os elementos estruturais (vigas, lajes e pilares), capeamentos e ligações. No projeto analisado do edifício, foi observado o atendimento às condições de estabilidade global e aos estados limite último (ELU) e de serviço (ELS).

Foram verificadas, em campo e nos ensaios laboratoriais, as diversas situações de trabalho dos painéis, tais como: desforma, içamento, transporte e serviço.

Os painéis pré-fabricados mistos foram submetidos a ensaios para verificação do desempenho conforme segue:

- a – O ensaio de resistência ao impacto de corpo mole: Os resultados indicaram que não foram verificados deslocamentos além daqueles previstos na Diretriz e também não foram apresentadas não conformidades para as energias de impacto em relação aos critérios de desempenho quanto a falhas, deslocamentos e rupturas, com energias de 120J a 960J, para impactos internos e externos.
- b – Ensaio de resistência ao impacto de corpo duro: Foram conduzidos os impactos externos e internos com energias de 2,5J a 20J, com dez repetições para cada energia. Não foram observadas ocorrências que comprometam o desempenho do painel.
- c – Verificação da capacidade de suporte de cargas suspensas em dispositivo padrão com duas mãos francesas

distadas de 50cm, fixadas por meio de bucha plástica FUR 8x100 e parafusos. Foi realizado carregamento de 80kg durante 24h, sem ocorrências que comprometessem o desempenho do painel.

- d – Verificação de ações transmitidas por portas internas ou externas, com dez operações de fechamento brusco. O painel não apresentou falhas, tais como: rupturas, destacamentos no encontro com o marco, cisalhamento das regiões de solidarização do marco e destacamentos em juntas entre os componentes do painel. Na sequência, a mesma porta foi submetida a um ensaio de corpo mole com energia de 240J. Não ocorreram arranchamentos e/ou deslocamentos do marco, nem ruptura ou perda da estabilidade do painel.

Com base nos resultados dos ensaios realizados e da análise da documentação técnica apresentada pela empresa, conclui-se que o sistema construtivo analisado atende aos requisitos e critérios de desempenho estrutural estabelecidos na Diretriz N°002 – Rev. 01, para construção de edifícios habitacionais de até oito pavimentos.

ESTANQUEIDADE À ÁGUA

Foi realizado ensaio para avaliar a estanqueidade do painel e as interfaces entre a janela e o painel e entre o painel e a estrutura. Foram ensaiados dois corpos de prova, sendo um painel com a janela instalada e outro cego. Os painéis ensaiados foram revestidos com selador e textura acrílica conforme especificação. O ensaio foi feito com pressão estática de 50Pa, aplicada em painéis que haviam sido submetidos ao ensaio de choque térmico. Não foram observadas infiltrações, formação de gotas de água aderentes na face interna, nem manchas de umidade ou vazamentos.

Os resultados obtidos, tanto no ensaio do painel com janela quanto no painel cego, demonstram que foram atendidos os requisitos de desempenho prescritos pela ABNT NBR 15.575-4:2010.

Quanto à estanqueidade em pisos de áreas molháveis, foi analisado o projeto arquitetônico que prevê diferenças de cotas e caimentos, além de impermeabi-

lização da laje e revestimentos cerâmicos, conforme memorial descritivo.

O piso do banheiro recebe impermeabilização antes da instalação do piso cerâmico rejuntado. A impermeabilização é realizada utilizando-se argamassa polimérica bicomponente a base de dispersão acrílica, cimento e aditivos especiais, sendo a mesma aplicada em duas camadas sobre a laje de concreto e na parede, conformando um barrado impermeável e semiflexível com 30cm de espessura.

Na sequência, é aplicada uma camada de impermeabilizante flexível à base de resina termoplástica e cimento aditivado.

A calçada, no entorno do edifício, está 10cm abaixo do nível do piso interno, com caimento adequado, permitindo o escoamento da água.

A estanqueidade na interface entre os painéis e os pilares da estrutura em concreto armado pré-fabricado e na interface das lajes entre pavimentos é garantida com tela poliéster e aplicação de impermeabilizante flexível à base de polímeros acrílicos, criando uma membrana acrílica monocomponente em dispersão aquosa, conforme norma ABNT NBR 13321.

O mesmo sistema de impermeabilização é realizado nas interfaces entre rufos e calhas da cobertura.

Terminada a instalação dos painéis do edifício, a face interna dos mesmos recebe aplicação de gesso liso nas áreas secas e argamassa nas áreas molhadas, para regularização da superfície, preparando-os para pintura. Na sequência, aplica-se tinta látex à base de PVA nas áreas secas e tinta látex de base acrílica nas áreas molhadas e/ou molháveis (banheiro, cozinha e área de serviço). A parede do banheiro é revestida com azulejo cerâmico, assentado na região do banho até a altura de 2,30m.



Figura 2 – Canteiro de obras em fase de montagem

Na cozinha, a impermeabilização da parede sobre a pia é obtida por meio do assentamento de uma fiada de revestimento cerâmico e, nas demais regiões, com pintura acrílica. O piso recebe revestimento cerâmico com rodapé. Todos os assentamentos cerâmicos são realizados com auxílio de argamassa colante tipo AC-II.

Nas áreas comuns (áreas de circulação e de equipamentos comunitários), as paredes recebem pintura em látex PVA, com textura rolada sobre emboço, em duas demãos.

O Memorial Descritivo especifica os tipos de portas, janelas, batentes, guarnições e ferragens, com suas respectivas características e acabamentos.

DESEMPENHO TÉRMICO

Foram realizadas simulações computacionais para avaliação de desempenho térmico para as oito zonas bioclimáticas (Z1 a Z8, conforme indicadas na norma ABNT NBR 15220:2005).

As simulações computacionais foram realizadas por meio do software EnergyPlus para o projeto do edifício padrão de quatro pavimentos (Residencial Ville Paris), edificado na cidade de Pedro Leopoldo – MG.

O sistema de cobertura é constituído por telha de fibrocimento com 6mm de espessura sobre estrutura de madeira. A estrutura do telhado pode ser de concreto ou metálica. A espessura da laje pode variar dependendo do projeto estrutural e da zona bioclimática, visando atender ao estudo de desempenho térmico específico, assim como o tipo de telha utilizada.

O estudo computacional avaliou o sistema construtivo com as seguintes características:

- pé direito mínimo de piso a teto: 2,60m;

- espessura das paredes externas: 13,5cm;
- espessura da laje de cobertura: 12cm (de forro);
- ático ventilado entre a laje de cobertura e telhado (altura mínima de 50cm) por aberturas com venezianas instaladas nas platibandas.

Quanto ao desempenho para a condição de inverno, o estudo demonstra que o sistema construtivo atende a todas as zonas bioclimáticas avaliadas na 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 de 1,0Ren/h; janelas sem sombreamento; ático do telhado ventilado; e paredes externas pintadas com cor clara ou média ou escura.

Para a condição verão haveriam restrições em apenas 4 zonas bioclimáticas (2,3,5 e 8) na condição padrão, ou seja, sem ventilação ou sombreamento

DESEMPENHO ACÚSTICO

Foi realizado ensaio em laboratório para verificar o índice de isolamento sonora dos painéis pré-fabricados mistos, que conformam as paredes com 13,5cm de espessura, utilizados nas paredes de fachada. A síntese dos resultados é apresentada na Tabela 2.

Foi realizado ensaio em campo para verificar o índice de isolamento sonora da parede com espessura de 14cm, de geminação entre unidades habitacionais. A síntese dos resultados é apresentada na Tabela 3.

Concluindo, os ensaios de laboratório e de campo realizados demonstram que, do ponto de vista do desempenho acústico, o sistema construtivo em painéis de vedação pré-fabricados mistos é adequado e atende aos critérios da Diretriz SiNAT N°002 – Rev. 01. Nas fachadas, os caixilhos utilizados devem apresentar índice (R_w) adequado para que o conjunto de parede e caixilho atenda o mínimo de 30dB, por meio de cálculo dos índices obtidos em ensaios individuais de laboratório, ou de 25 dB, em medições em campo.

DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE

Para a durabilidade do sistema construtivo, consideram-se os detalhes de projeto, as características dos materiais e controles de produção e montagem, a agressividade ambiental e os procedimentos de uso e de manutenção.

A análise de projeto permitiu verificar desempenho

Tabela 2 – Síntese dos critérios de desempenho e do resultado do ensaio de isolamento sonora realizado em laboratório para parede cega

Elemento	Índice de redução sonora ponderado ABNT NBR 15575-4 R_w (dB)	Resultado do ensaio de laboratório R_w (dB)
Fachada	30	42



Tabela 3 – Síntese dos critérios de desempenho e dos resultados do ensaio de isolamento sonora realizado em campo

Elemento	Índice de redução sonora ponderado ABNT NBR 15575-4 $D_{nt,w}$ (dB)	Resultado do ensaio de campo $D_{nt,w}$ (dB)
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	40	40
Paredes de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos tipo	30	33

adequado contra águas de chuva nas interfaces entre os painéis e a estrutura, painéis e janelas e painéis e portas.

Verificou-se a relação entre a classe de agressividade ambiental, a resistência à compressão do concreto e a relação água-cimento para garantir a qualidade mínima do concreto. O sistema enquadra-se na classe de concreto C40, considerando as classes I e II de agressividade ambiental (concreto com $f_{ck} = 40\text{MPa}$, consumo de cimento de 485Kg/m^3 e relação água cimento $\leq 0,45$).

Quanto ao cobrimento da armadura, verifica-se que as treliças metálicas empregadas nas nervuras de concreto dos painéis ficam protegidas por uma capa de concreto de 20mm na face interna e de 25mm na face externa, além do revestimento de argamassa de 15mm na face externa.

O cobrimento nominal (c_{nom}) exigido na Diretriz SINAT Nº002 – Rev. 01 para os painéis de parede é maior ou igual a 25mm, considerando Classe II de agressividade ambiental, $f_{ck} \geq 40\text{MPa}$, relação de água cimento $\leq 0,45$ e adotando-se $\Delta c = 5\text{mm}$ (Δc = tolerância de execução para o cobrimento). Quando se supõe a existência de limites rígidos de tolerância das dimensões durante a execução, como no caso da fabricação de elementos pré-fabricados, pode-se considerar $\Delta c = 5\text{mm}$. Desta forma, o cobrimento mínimo deve ser maior ou igual a 20mm.

Assim, considerando-se a espessura dos painéis, as armaduras empregadas, o concreto de alto desempenho ($f_{ck} \geq 40\text{MPa}$) utilizado e o processo de produção pré-fabricado, verifica-se que é adequado o cobrimento das armaduras dos painéis estruturais para as classes I e II de agressividade ambiental, em conformidade com as normas ABNT NBR 9062 e ABNT NBR 6118:2007.

Os pontos de ligação dos painéis aos pilares, após soldados, são protegidos por meio de primer epóxi, rico em zinco e recoberto com argamassa industrializada de assentamento e revestimento. Após a finalização da montagem da edificação, na fase de pintura, as interfaces entre pilar e painel, painel e viga e painel e laje são tratadas com tela poliéster e aplicação de impermeabilizante flexível à base de polímeros acrílicos. Estes procedimentos permitem contribuir para atendimento da durabilidade prevista na ABNT NBR 15575-1.

Foi realizado ensaio de ação de calor e choque térmico e os resultados atendem a ABNT NBR 15.575-4:2010– Anexo E – Verificação do comportamento de SVVE exposto à ação de calor e choque térmico – Método de ensaio.

A manutenibilidade do sistema construtivo que compõe a edificação deve ser prevista e realizada conforme manutenções preventivas e corretivas contempladas no Manual de Operação, Uso e Manutenção (Manual do Proprietário), de acordo com a ABNT NBR 14037, a fim de que seja atendida a durabilidade projetada para a estrutura e seus componentes.

SEGURANÇA AO FOGO

A estrutura é constituída por pilares, vigas e lajes em concreto armado pré-fabricado. As verificações da estrutura em situação de incêndio foram realizadas utilizando-se o “Método Tabular” para tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF) e estão contempladas nas memórias de cálculo analisadas para edifícios com 4 e 8 pavimentos, sendo observado o atendimento às exigências da ABNT NBR 15200.

Além da verificação da segurança da estrutura pré-fabricada de concreto armado em situação de incêndio, foi realizado



ensaio de resistência ao fogo dos painéis mistos de vedação, conforme método estabelecido na ABNT NBR 10636. Os resultados obtidos do ensaio de resistência ao fogo em parede sem função estrutural demonstram que a parede entre unidades habitacionais oferece resistência superior a 60 minutos, ou seja, é classificada no grau corta-fogo como CF60.

Os painéis pré-fabricados mistos de concreto armado e bloco cerâmico são compostos por materiais incombustíveis, não se caracterizando como propagadores de incêndio. Também apresentam características adequadas em termos de desenvolvimento de fumaça, não agravando o risco de incêndio.

Vale ressaltar que a empresa deve elaborar projetos específicos para cada tipologia, levando-se em consideração as exigências nas regulamentações do Corpo de Bombeiros do Estado em que a construção será edificada e atender as exigências com relação a ABNT NBR 14432 e regulamentos municipais específicos.

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA SOLUÇÃO EM RELAÇÃO À VIABILIDADE ECONÔMICA, SOCIAL E AMBIENTAL

Os apartamentos são oferecidos no mercado por valores que variam entre R\$ 95 mil e R\$ 130 mil, com a possibilidade de ter seu financiamento realizado dentro do Programa Minha Casa Minha Vida, voltado para o segmento entre 3 e 10 Salários Mínimos.

Os imóveis são produzidos no período entre 12 e 18 meses, entre 33% e 50% do ciclo de construção de empreendimentos que usam modelos tradicionais de construção. O ciclo mais curto de construção traz diferentes vantagens econômicas:

- Os compradores pagam por um período menor o aluguel e a prestação do imóvel;
- Os compradores ficam menos expostos às variações da inflação;
- Os donos dos terrenos que utilizam o método de permuta para serem remunerados conseguem ter acesso aos imóveis mais rapidamente;
- Os investidores se beneficiam com um ROI² mais alto.

O processo industrializado permite que a empresa utilize menos colaboradores em suas obras, reduzindo a exposição à escassez de mão de obra e ao aumento dos salários desses profissionais. A troca de mão de obra por tecnologia culmina em um dos maiores diferenciais econômicos desta

solução, pois ela dá para a empresa, compradores e investidores maior previsibilidade, tanto de custos quanto de prazos.

Do ponto de vista ambiental, o método construtivo industrializado se destaca pela redução da geração de resíduos no processo de construção e pela eficiência energética potencial no período de uso do empreendimento.

A industrialização da construção, com a produção de componentes na fábrica, permite que muitas atividades do processo construtivo poupem recursos e, consequentemente, gerem poucos resíduos durante a construção dos componentes da solução.

- **Uso de fôrmas:** Todas as fôrmas utilizadas no processo construtivo são metálicas, podendo ser reutilizadas diversas vezes, evitando a necessidade de sua substituição para a produção de cada novo componente, como acontece na construção tradicional. Além disso, dispensa-se o uso de madeira, cuja demanda posiciona a indústria da construção como uma das maiores responsáveis pelo desmatamento no país. As fôrmas são flexíveis, o que permite que elas possam ter suas dimensões adaptadas, atendendo a alterações de projetos, sem perdas.
- **Paginação de alvenaria:** A quantidade e tamanho dos blocos a serem utilizados nos painéis de vedação foi determinada previamente. Isso permitiu a realização de encomendas de blocos inteiros e com a metade do comprimento padrão, evitando a necessidade de quebras, reduzindo, assim, a geração de resíduos.
- **Uso de argamassa:** O processo automatizado de concretagem proporciona um alto controle, com uso mínimo de argamassa e com redução dos resíduos gerados – que se limitam ao processo de retirada dos painéis



² O RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI – RETURN OVER INVESTMENT) TRATA DA RELAÇÃO ENTRE O LUCRO LÍQUIDO DE UM INVESTIMENTO E O CAPITAL TOTAL APLICADO. NO CASO DA SOLUÇÃO HABITACIONAL PRECON O ROI É MAIS ALTO DEVIDO AO MENOR INTERVALO DE TEMPO NO QUAL O INVESTIDOR PODE RECUPERAR O SEU CAPITAL, COM A VENDA DO IMÓVEL.

das fôrmas. Além disso, as capas plásticas usadas nos tijolos impede a entrada de argamassa nos seus furos, reduzindo a quantidade usada nos painéis.

A produção dos componentes de um edifício com o sistema construtivo em causa gera na fábrica e durante todas as fases de obra cerca de 28 kg de resíduos por m² construído. Este valor equivale a uma redução de 81% na geração de resíduo, ao compararmos com a construção convencional, que é de 150 Kg de resíduos por m² construído (PINTO 1999). A cada moradia construída com o sistema evita-se a geração de 5,7 ton de resíduos. Este ganho se torna ainda mais representativo pelo fato dos RCDs (resíduos da construção e demolição) representarem, no mínimo, 50% do volume total de RSU (resíduos sólidos urbanos).

Já, em relação à eficiência energética no uso, a concepção do produto, visando oferecer o máximo de iluminação e ventilação natural possíveis nos apartamentos e nas áreas comuns, gera resultados positivos. Isso porque o acionamento de lâmpadas ao longo do dia é dispensado e o resfriamento artificial da moradia tem necessidade reduzida.

Sob o ponto de vista social, os prédios possuem estrutura com pilares e vigas – com paredes de vedação, sem função estrutural –, o que propicia flexibilidade para seus proprietários modificarem a configuração dos apartamentos de acordo com suas necessidades, não comprometendo a integridade estrutural do empreendimento.

CONCLUSÃO

A industrialização da construção civil é eminente em face aos grandes desafios do país. A pré-fabricação em concreto é uma solução presente no contexto habitacional desde que a Europa do pós- guerra, em que a necessidade de reconstrução imprimia ritmos de cronogramas muito ousados. O incremento da produtividade, mantendo-se a qualidade, requisitos de sustentabilidade e desempenho, só será possível através da adoção de tecnologias que possibilitem soluções mais eficientes. ●



Figura 4 – San Marino (fotografia empreendimento acabado)