téchne
www.revistatechne.com.br

IMPRIMIR

CAPA

# » Alto e pronto

Sistemas em concreto pré-moldado viabilizam a construção de edifícios com mais de 80 m de altura na Europa. No Brasil, edifícios de até dez andares são integralmente construídos com pré-fabricados

*Por Valentina Figuerola*

Nos últimos anos, a Europa tem sido palco da proliferação de arrojados arranha-céus executados inteiramente com componentes industrializados. Países como a Bélgica e a Holanda, no entanto, são um capítulo à parte no que se refere à tecnologia empregada na construção de edifícios altos. Torres residenciais e comerciais de até 40 andares são erguidas com sistemas pré-fabricados de concreto, estabilizados por núcleos estruturais.

Dexia Tower Building, em Buxelas, com 37 pavimentos, soma 591 colunas pré-moldadas de concreto de 80 MPa a 95 MPa e até 600 mm de diâmetro

Nas torres, o contraventamento acontece por meio dos painéis-parede ou por núcleos moldados "in loco" com fôrmas deslizantes ou trepantes. Os núcleos também podem ser configurados por painéis ou células (anéis) de concreto pré-moldado sobrepostos por encaixe ou solda. Segundo o engenheiro Marcelo de Araújo Ferreira, professor da UFSCar (Universidade Federal de São Carlos), a definição do sistema construtivo depende de aspectos como o desempenho estrutural e a construtibilidade. "As escolhas decorrem da estratégia de montagem que, por sua vez, está atrelada a aspectos como as limitações físicas do local, a cidade e as empresas envolvidas no empreendimento", acrescenta o engenheiro.

Contraventamento e ligações pilar-viga articuladas são pontos em comum entre as torres de concreto pré-mol-dado e as construções metálicas. "A cultura européia de projeto com concreto pré-moldado é uma extensão da maneira de projetar com metálica", esclarece o engenheiro. Enquanto a Inglaterra tradicionalmente privilegia a estrutura metálica - seja por razões históricas ou por subsídios governamentais - nações como a Bélgica e a Holanda priorizam as edificações em concreto pré-moldado. "No caso da Bélgica, por exemplo, a indústria de pré-fabricados de concreto, em especial a Ergon, reagiu fortemente contra a disseminação da construção metálica no País", afirma Ferreira.

Localizado em Roterdã, na Holanda, a Waterstadtoren é composta por blocos de apartamentos de 68 m, 85 m e 109 m. Na época em que foi construído (2004), o edifício era a construção mais alta da Holanda feita com sistemas construtivos pré-moldados

Produzidos em fábricas, em fôrmas metálicas com concreto auto-adensável de 90 MPa, os pilares são dimensionados para suportar somente as cargas verticais, já que cabe ao contraventamento absorver as ações horizontais como o vento. As ligações pilar-pilar - que acontecem, em geral, a cada dois pavimentos (ou mais) - não precisam ser resistentes à flexão, como acontece nas estruturas monolíticas.

Se do ponto de vista construtivo as ligações pilar-pilar são relativamente simples nessas torres, o mesmo não pode ser dito das ligações laje-viga, que exige dos projetistas critério e discernimento para serem detalhadas. Isso porque o comportamento de diafragma das lajes é mais complexo em edifícios altos contraventados (ver ilustração esquemática da estrutura). Nessas construções, as fundações também são mais pesadas, devido ao aumento de carga promovido pelo núcleo de enrijecimento.

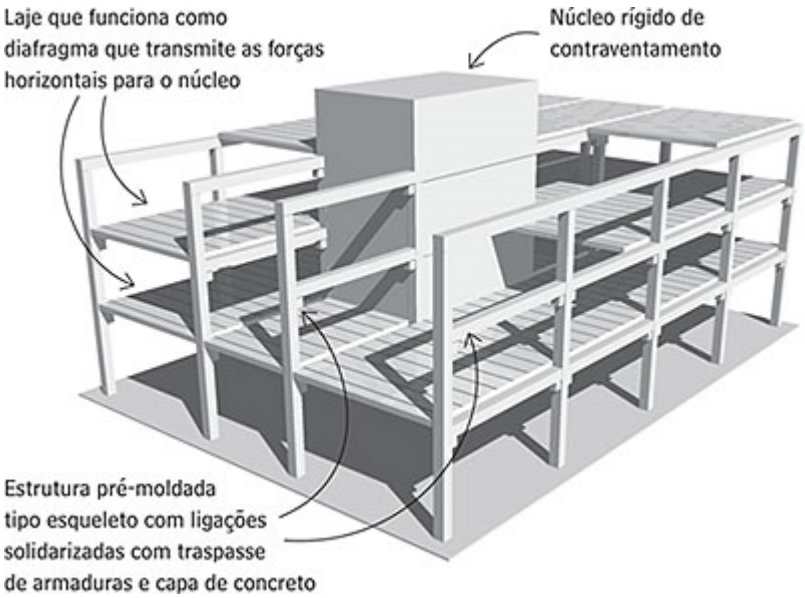
Construído em Americana, o Condomínio Edifício Jardins derruba o estigma de que construção pré-moldada é sinônimo de baixa renda. A concepção mista da estrutura combina lajes alveolares pré-moldadas, vigas e pré-vigas

No entanto, são muitas as vantagens propiciadas pelo sistema pré-fabricado na construção de edifícios altos. Obras limpas e rápidas, redução do desperdício de materiais, maior controle da qualidade e previsibilidade de resultados são algumas delas. O outro ganho, segundo Ferreira, diz respeito à pré-fixação dos preços de compra dos insumos da construção. "Nesses casos, os contratos são fechados a preços fixos, sem os aditivos contratuais que normalmente estão presentes nos contratos das obras convencionais, como as de concreto moldado "in loco'", esclarece.

**Edifícios pré-moldados no Brasil**

Normalmente, no Brasil, são construídos edifícios de até dez andares com estruturas integralmente pré-fabricadas de concreto. Com resistência mecânica que pode chegar até 50 MPa, os pilares são contínuos e têm as ligações, semi-rígidas, resistentes à flexão. "Acima disso, a montagem dos pórticos pré-moldados se torna um processo menos racional, devido ao custo

adicional da ligação pilar-pilar e à dificuldade de montagem de pilares de maiores comprimentos", acrescenta Ferreira.




A ação diafragma do piso é obtida por meio de tirantes que conectam os elementos da laje entre si. Nas arestas dos pisos, os tirantes estão conectados com os elementos pré-fabricados em concreto das fachadas. As juntas entre os elementos do piso são preenchidas com argamassa de cimento

Edifícios maiores, feitos com sistemas construtivos pré-fabricados em concreto, têm a "estrutura híbrida" (ver cases), ou seja, combinam sistemas moldados "in loco" com pré-moldados. Lajes alveolares e vigas protendidas são associadas a pilares moldados no local, compondo uma estrutura aporticada. Sem núcleo rígido ou contraventamento, esse sistema traz como vantagem a redução das fundações. Em alguns casos, no entanto, quando o edifício é mais esbelto, o contraventamento pode ser necessário.

Localizado em Fortaleza, o empreendimento Pátio Dom Luís é composto por um shopping, duas torres residenciais de 24 pavimentos e duas torres comerciais de 20 pavimentos. As varandas, assim como grande parte das vigas e lajes são pré-fabricadas. Os pilares e as caixas de elevador foram moldados "in loco"

As ligações solidarizadas com concretagem no local simulam uma estrutura monolítica. "Essa lógica de projeto é uma evolução do sistema moldado "in loco", da mesma forma que, na Europa, a lógica de projeto para edifícios em concreto pré-moldado - altos ou não - assemelha-se ao sistema metálico", explica Ferreira. O que ambos os sistemas têm em comum é a utilização da laje alveolar e vigas pré-moldadas.

"Precisamos de um maior número de empresas adotando a laje alveolar como sistema construtivo e estamos incentivando sua utilização em edifícios altos", diz a engenheira Íria Lícia Oliva Doniak, diretora-executiva da Abcic (Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto). A baixa mecanização do canteiro de obras, segundo Íria, é um dos principais obstáculos para a disseminação dos edifícios altos em concreto pré-moldado no País.

Segundo Ferreira, as estruturas de concreto brasileiras totalmente pré-moldadas oferecem vantagens econômicas no que se refere aos edifícios baixos, sobretudo quando se trata de construções de até sete pavimentos. "Na Europa, devido à cultura construtiva, eles reproduzem o sistema de contraventamento até mesmo nos edifícios baixos, o que é dispendioso", esclarece o engenheiro. "Até dez pavimentos, nossas ligações solidarizadas são mais racionais do ponto de vista estrutural e de montagem", acrescenta.

Edifício de escritórios Convent Garden Brussels, com 16 pavimentos e estrutura elíptica

A Europa, por dispor de uma cultura mecanizada de canteiro, consegue driblar problemas como a escassez de mão-de-obra, questão que o Brasil, apesar de não estar preparado para combater, poderá viver em épocas de maior aquecimento do mercado da construção civil. "Vamos começar a enfrentar problemas que lá fora eles já enfrentam", alerta Íria.

Outro grande desafio para a propagação dos edifícios altos em concreto pré-moldado é o sistema de financiamento de obras brasileiro, responsável pela "dilatação" dos cronogramas de execução das obras, que duram, em média, de 24 a 36 meses. Em função disso, o incorporador pode optar por sistemas construtivos convencionais em vez dos pré-moldados e da boa relação custo-benefício que eles propiciam.

Linha de produção de pré-moldados na Bélgica, onde as fábricas investem alto nos sistemas de fôrma, cura e protensão

**Belvédère, Roterdã (2000)**

Com 96 m de altura, o edifício-sede da empresa de telecomunicações KPN possui estrutura híbrida que combina concreto pré-fabricado e concreto moldado no local. As forças horizontais que resultam da inclinação do prédio são compensadas por uma treliça de aço de 50 m, que desempenha um papel importante na interação das forças. A superfície oblíqua da fachada é um painel publicitário luminoso (48 m x 85 m) cuja inclinação foi inspirada nos eixos dos cabos da Erasmus Bridge.

**Het Strijkijzer, Roterdã (2007)**

Projetada pelo escritório de arquitetura holandês AAArchitecten, "Het Strijkijzer" é uma torre residencial de 43 andares e 130 m de altura construída com sistemas pré-fabricados de concreto. O contraventamento é feito por painéis estruturais pré-moldados, que, em conjunto com as colunas de concreto da fachada, conferem estabilidade ao edifício. As paredes

pré-fabricadas e os elementos estruturais da fachada são intertravados de modo a fornecer ação de pino para transferência da cortante vertical. Na torre, a transferência de forças verticais é direta e acontece de painel para painel pré-fabricado por meio da junta de compressão com argamassa. Os painéis dispõem de cantoneiras metálicas no topo (na parte interna) para apoio da laje. A opção pelo piso sem capa de concreto aumentou consideravelmente a velocidade da construção (dois pavimentos por semana).

**Tecnologia mista em Florianópolis (2003-2005)**

Lançado pela Kobrassol, do grupo Cassol, o edifício comercial São José da Terra Firme tem 14 andares e estrutura híbrida. O sistema proposto pelo arquiteto Ademar Cassol e pelo calculista Hercílio Ferrari consiste num edifício em "L" com modulação entre pilares, aproveitando a região central de escadas e elevadores para a criação de núcleos rígidos de contraventamento e nós semi-rígidos nas ligações de vigas e pilares. Os pilares foram moldados no local, com concreto fck 30 MPa, mesma resistência especificada para as vigas e lajes alveolares protendidas (ambas com cordoalhas aderentes). Para a execução dos pilares foram utilizadas fôrmas de madeira compensada e escoramento metálico. As vigas e lajes pré-moldadas foram transportadas até a obra em caminhões trucados, sem necessidade de adaptações. Na montagem do edifício foi utilizado um guindaste tipo grua com capacidade para 3,0 tf e lança de 30 m. Os pré-moldados foram apoiados nos pilares por armaduras de esperas, dispensando escoramento. Numa segunda etapa foram montadas as fôrmas e concretadas as ligações. Lajes alveolares foram transportadas por dispositivos especiais (balancim e garras) que evitam fissuras longitudinais decorrentes de um esforço de flexão transversal não previsto. Posteriormente, foram colocadas as armaduras complementares para as vigas e lajes e feita a última etapa de concretagem.