

# Estruturas prontas

## Utilizados no Brasil desde 1926, pré-moldados desenvolveram-se principalmente na segunda metade do século 20

Por Renato Faria  
Edição 132 - Março/2008

A primeira obra com elementos pré-moldados de concreto do Brasil foi executada em 1926, na então capital Rio de Janeiro. Na época, a filial brasileira da construtora dinamarquesa Cristhiani-Nielsen ficou responsável pela construção do Hipódromo da Gávea.

Segundo o engenheiro Augusto Carlos de Vasconcelos, em seu livro "O Concreto no Brasil: Pré-fabricados, Monumentos e Fundações", a obra bateu o recorde sul-americano de produção de estacas pré-moldadas para fundações. Foram produzidos mais de 8 km de peças com até 24 m de comprimento. O Cimento Portland usado era o Aarlborg, importado da Dinamarca, que apresentava endurecimento rápido e permitia obter, aos três dias de idade, a resistência normalmente obtida depois de quatro semanas. A obra também contava com muros pré-moldados de 2,5 m de altura e 3,5 km de extensão.



Divulgação BPM

Pré-moldados vencem grandes vãos e mais de 40 m de altura, mas o principal avanço tecnológico desse sistema foi o desenvolvimento de estruturas mistas

Mas o uso dos pré-moldados no país intensificou-se apenas na década de 1950. No Estado de São Paulo, a Construtora Mauá utilizou a tecnologia na execução de diversos galpões industriais. Os elementos eram produzidos deitados, concretados uns sobre os outros numa seqüência vertical. Logo que endurecia, a peça de concreto inferior era coberta com papel parafinado e iria servir como fôrma de base para a peça seguinte. Em seguida, as fôrmas metálicas laterais e as armaduras dos elementos pré-moldados eram preparadas para a execução da concretagem. Com esse método, era possível produzir até dez peças empilhadas, com elevada produtividade e poucos gastos com o escoramento das fôrmas.

Inovação importante surgiu na segunda metade daquela década, com a fábrica de pré-moldados de concreto protendido Protendit. As primeiras peças fabricadas com a nova tecnologia pela empresa foram as estacas pré-moldadas de seção 15 cm x 15 cm e quatro fios de protensão de 5 mm de diâmetro. Com isso, era possível reduzir brutalmente o consumo de material e os custos de produção das peças, em comparação com as então tradicionais estacas maciças de 20 cm x 20 cm. A cravação do novo produto mostrava-se mais fácil, segundo empresas executoras de fundações: a menor

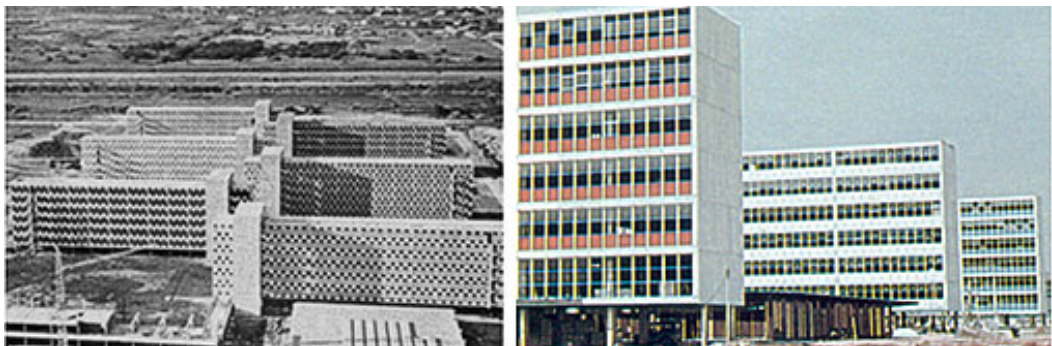
seção e a pré-compressão tornavam o elemento mais rígido para a propagação das ondas de choque da cabeça da estaca à sua ponta.

Nas últimas três décadas, o desenvolvimento de estruturas mistas esteve, para a engenheira Íria Licia Oliva Doniak, diretora-executiva da Abcic (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto), entre os principais avanços tecnológicos do segmento. "Atualmente existem edifícios no Brasil de até 20 andares utilizando vigas protendidas pré-fabricadas, lajes alveolares e pilares moldados no local", afirma Íria.

O desenvolvimento tecnológico não pára por aí. No País, as principais pesquisas relacionadas com a tecnologia estão em desenvolvimento no Netpre (Núcleo de Estudo e Tecnologia em Pré-Moldados de Concreto) da UFSCar (Universidade Federal de São Carlos), principalmente no segmento de lajes alveolares e ligações. "O desempenho em relação a cisalhamento e flexão de lajes alveolares tem correlação direta com o uso desses elementos em edifícios altos", afirma Íria, da Abcic, entidade parceira do Netpre. Segundo a engenheira, assim como vem ocorrendo na Europa, existem perspectivas para a expansão do mercado desse tipo de construção no Brasil.

## Ontem x hoje

### 1963 – Jogos Pan-americanos de São Paulo



As

provas de boa parte das modalidades esportivas do Pan-1963 seriam disputadas no complexo poliesportivo da Universidade de São Paulo, localizado na Cidade Universitária. O alojamento dos atletas ficaria do lado do complexo, nos apartamentos do conjunto residencial que a USP (Universidade de São Paulo) já planejava construir para abrigar seus alunos de fora da capital.

Para garantir a conclusão da construção do conjunto antes da Competição, o governo estadual impôs pesadas multas às construtoras que não cumprissem os prazos estipulados em contrato. Uma das empresas escolhidas para as obras, a Ribeiro Franco, propôs a execução dos blocos de apartamentos totalmente em estruturas pré-moldadas reticuladas. Mas como as equipes de engenharia envolvidas não tinham experiência com a tecnologia, decidiu-se, por precaução, dividir a obra: uma empresa construiria

metade dos blocos em estrutura convencional, de concreto armado, e a Ribeiro Franco, a outra metade, em pré-moldados. No final da obra, um fato curioso: os prédios em concreto armado ficaram prontos antes dos pré-moldados, em função das dificuldades técnicas enfrentadas pela construtora com a nova tecnologia. Mas o conjunto é ainda hoje conhecido como a primeira obra residencial realizada em pré-moldados no País.

## **2007 – Jogos Pan-americanos do Rio de Janeiro**

Mais de quatro décadas depois, as construtoras já tinham conhecimento suficiente da execução de estruturas pré-moldadas de concreto. E, com o cronograma apertado, recorreram à tecnologia para a construção das principais estruturas do Pan-2007: o Velódromo, o Parque Aquático, a Arena Multiuso e, a maior de todas, o Estádio João Havelange.

Reportagem da *Téchne* no 123, de junho de 2007, revelava que a estrutura do Engenhão, como também é conhecido o estádio, havia sido originalmente concebida em concreto armado moldado in loco. No entanto, os construtores adaptaram-na para os pré-moldados em função de dois fatores. O primeiro deles, o prazo – a cargo da Prefeitura do Rio de Janeiro, a execução do conjunto deveria ocorrer entre setembro de 2003 e maio de 2007. O segundo era econômico: a construção em concreto armado demandaria um consumo brutal de fôrmas.

As arquibancadas, originalmente concebidas como vigas contínuas, viraram elementos pré-moldados independentes entre si. Com isso, mudou também o cálculo das vibrações e dos esforços nesses elementos, que possibilitou a redução do número de pórticos da estrutura. A economia refletiu-se na redução das fundações do estádio e do volume de concreto necessário para a produção da estrutura.

### **Pilares pré-moldados compostos vencem 30 m de altura**

Para viabilizar a construção de um galpão de 40 m de altura com estruturas pré-moldadas de concreto,



os construtores do Estaleiro Navship, em Navegantes (SC), lançaram mão de um sofisticado sistema de pilares compostos treliçados. No topo desses elementos se apoiarão pontes rolantes com capacidade de suportar cargas de mais de 200 t. O Estaleiro Navship, do grupo norte-americano Edison Chouest Offshore, começou a funcionar em 2006. Durante a primeira fase de sua construção, iniciada em maio do ano anterior pela construtora Stein e pela BPM Pré-Moldados, foram erguidos nove

pavilhões industriais. Desde então já foram montados no estaleiro alguns navios para transporte de insumos e produtos entre plataformas petrolíferas e bases portuárias.

Dentro dos pavilhões, são montados grandes blocos que posteriormente serão unidos e formarão um novo navio. Durante a primeira fase de construção do Navship, a etapa final de solidarização dos blocos era realizada ao ar livre no terreno. Esse "problema" foi solucionado na segunda fase da construção do estaleiro, de que a BPM também participou, em que estava prevista a execução de um grande galpão que abrigaria a montagem final dos navios.

"Um pavilhão como esse normalmente seria construído em estrutura metálica, mas a solução em pré-moldados se mostrou mais competitiva", afirma Nivaldo de Loyola Richter, diretor da BPM Pré-Moldados.

O desafio, na obra, foi viabilizar a estrutura do galpão principal, de 40 m de altura e 139 m de comprimento. Nos pilares, a 30 m do piso, seriam apoiadas as vigas de sustentação dos trilhos das pontes rolantes. Como o carregamento nas pontes é dinâmico, a aceleração e a frenagem na direção dos vãos poderiam gerar, no topo das colunas, forças horizontais da ordem de 10% da carga transportada. "A consequência é uma flexão nos pés dos pilares, da ordem de 600 t, que exigiu uma solução criativa", explica Richter.

O problema foi resolvido com um sistema de pilares compostos – duas colunas pré-moldadas paralelas ligadas por travamentos diagonais também pré-moldados –, que aumenta virtualmente a seção do pilar. Para resolver o mesmo problema na direção do comprimento do galpão, os pares de pilares compostos também se uniam por vigas horizontais pré-moldadas, contraventadas por um sistema metálico. Lá em cima, a tesoura treliçada da cobertura, produzida com concreto auto-adensável de alto desempenho, forma um conjunto aporticado rígido, vencendo o vão de 38,3 m entre as faces externas dos pilares.

### **Montagem rápida em fábrica na Grande São Paulo**

Para reduzir a produção de resíduos no canteiro e obter maior velocidade na produção da estrutura, as instalações da nova sede da distribuidora de aços Açovisa, em Guarulhos (Grande São Paulo), foram executadas com elementos de concreto pré-moldados. Segundo João Carlos Leonardi, diretor da Leonardi Pré-Fabricados, executora da estrutura,



foram cerca de 5 mil m<sup>2</sup> de área construída, que compreendiam um galpão e uma área administrativa em dois pavimentos.

No projeto, destaca-se o sistema de reaproveitamento da água das instalações. As duas centrais de tratamento de efluentes – uma para o galpão e outra para os dois blocos – tratam a água utilizada e a conduzem para um grande reservatório. O líquido tratado é usado na lavagem dos pátios e nos jardins da empresa.

Segundo Claudio Rampazzo, arquiteto da obra, foi possível construir a estrutura do galpão, de 46,5 m x 64,5 m, em apenas 30 dias. Descontados os dias de paralisação da obra causada pelas chuvas, as estruturas dos dois outros blocos foram executadas em 25 dias.