

Pré-fabricação em concreto: exemplos de aplicação em infraestrutura no Brasil e seus benefícios para a sociedade

ENG. ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK – PRESIDENTE-EXECUTIVA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO – ABCIC

I. INTRODUÇÃO

A pré-fabricação em concreto, por seus inúmeros benefícios, vem sendo utilizada em todo o mundo, em obras de diferentes segmentos da economia. A redução significativa dos prazos de execução, que chegam a até 50%, e a maior qualidade em relação aos métodos convencionais de construção têm sido, especialmente para investidores, as principais razões para adoção do sistema.

Cada vez mais, as soluções pré-fa-

bricadas se destacam por seu uso em obras de infraestrutura, especialmente na Engenharia de Transportes, que engloba a aplicação em pontes, viadutos, túneis, pavimentos, praças de pedágio, barreiras sonoras, dormentes para linhas ferroviárias, estações de metrô (Foto 1), BRT (*Bus Rapid Transport*), aeroportos, portos e estaleiros, e energia. No Brasil, isto acontece por conta das demandas que os grandes eventos esportivos entre 2012-2014 trouxeram e da necessidade de investimentos em infraestrutura (Anuário ABCIC, 2016) [1]

(Tabela 1). Soma-se a isso, a minimização de impactos de redução de tráfego e de acidentes, bem como de tempo e consumo de combustível, no caso de ampliações, duplicações e alterações em rodovias.

Outro aspecto que tem sido destacado como vantagem na literatura internacional é o comportamento das estruturas pré-fabricadas de concreto frente a cargas acidentais, como incêndio, sismos e ataques terroristas, nas quais a resiliência da solução face a soluções de projeto e sistemas de

► Tabela 1 – Ranking por tipo de obra do Anuário ABCIC 2016

2012	2013	2014	2015	2016
1 – Indústrias	1 – Indústrias	1 – Shopping Centers	1 – Shopping Centers	1 – Indústrias
2 – Varejo	2 – Shopping Centers	2 – Indústrias	2 – Indústrias	2 – Shopping Centers
3 – Shopping Centers	3 – Centros de Distribuição e Logística	3 – Infraestrutura e Obras Especiais	3 – Varejo	3 – Infraestrutura e Obras Especiais
4 – Centros de Distribuição e Logística	4 – Infraestrutura e Obras Especiais	4 – Centros de Distribuição e Logística	4 – Edifícios Comerciais	4 – Varejo
5 – Infraestrutura e Obras Especiais	5 – Varejo	5 – Edifícios Comerciais	5 – Centros de Distribuição e Logística	5 – Centros de Distribuição e Logística
6 – Habitacional	6 – Edifícios Comerciais	6 – Varejo	6 – Infraestrutura e Obras Especiais	6 – Edifícios Comerciais
7 – Edifícios Comerciais	7 – Habitacional	7 – Habitacional	7 – Habitacional	7 – Habitacional

Fonte: FGV – IBRE

amortecimento nas ligações minimiza riscos e possibilita incremento significativo na segurança.

A partir dessas considerações iniciais, o presente artigo traz como proposta explorar alguns exemplos recentes de obras de infraestrutura viária no país, destacando os aspectos que viabilizaram a aplicação, englobando os desafios e a inovação no projeto, na produção dos elementos e nos processos de execução (produção e montagem).

2. INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA

Em função de suas dimensões continentais e do predomínio de um sistema de transporte de cargas e passageiros eminentemente rodoviário, o Brasil tem uma permanente necessidade de ampliar e manter em bom estado de conservação sua malha rodoviária. E o país, ao longo das últimas décadas, tem investido considerável soma de recursos nessa área. Segundo a Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (ABCR), desde 1995, as concessionárias destinaram cerca de R\$ 97 bilhões para obras e serviços de melhoria da malha viária nacional.

Nesse sentido, há uma grande aplicabilidade de estruturas pré-fabricadas de concreto no segmento de obras de infraestrutura rodoviária, com, por exemplo, em viadutos, passarelas, pontes, praças de pedágio e demais obras de arte de estradas e rodovias.

Sem dúvida, a localização das obras de pontes e viadutos nas rodovias é, muitas vezes, de difícil acesso ou distante demais das fábricas. No caso do segmento rodoviário, também é usual ser necessário elementos de grandes dimensões, fazendo com que as condições de transporte e das próprias estradas favoreçam o uso de



Foto 1 — Expansão da Estação General Osório Metrô RJ, em fase de montagem

pré-moldado de canteiro, não o produzido em unidade fabril. Assim, em se tratando de obras rodoviárias, não existem questões de ordem técnica em se optar por canteiro ou fábrica, mas principalmente de logística. Sempre que possível, é recomendável que esteja envolvida a *expertise* da indústria, e principalmente, que, além de normas específicas de dimensionamento (como a de pontes), as prescrições da ABNT NBR 9062 -Projeto e Execução de Estruturas Pré-Moldadas de Concreto [2] sejam atendidas integralmente. Aspectos como resistência de desforma, liberação de protensão, estabilidade global (em especial durante a execução) devem ser atendidos a fim de assegurar integridade dos elementos da estrutura e, principalmente, segurança durante a montagem. A observância dos requisitos desta norma se relaciona especialmente com todos os cuidados que as estruturas pré-moldadas, sejam de canteiro, sejam de fábrica (pré-fabricadas), requerem do projeto à montagem, especialmente no que diz respeito às

ligações e às situações transitórias (da liberação das formas ou pistas até a montagem).

2.1 Pontes no prolongamento da Rodovia Carvalho Pinto

Recentemente, no prolongamento da Rodovia Carvalho Pinto (SP-070) até o município de Taubaté, no interior de São Paulo, houve a construção de três pontes (Foto 2), no trecho inicial, de modo minimizar o impacto ambiental, adotando-se uma solução rápida para criar um corredor de fauna, exigência emergencial da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) para liberar a licença ambiental para o todo o trecho do prolongamento da rodovia. Para isso, como solução principal foram usadas: estacas-pilares em concreto pré-fabricado centrifugadas com dupla função, a de fundação e pilar com a mesma peça; vigas longarinas protendidas em pistas, com protensão realizada por pré-tração; e pré-lajes em concreto armado.





Foto 2 – Obras de Arte Especiais (OAEs 1, 2, e 3)

2.2 Praças de pedágio

No caso da construção em praças de pedágio, a Concessionária Arteris/ Viapaulista selecionou o sistema de pré-fabricado de concreto para realização desse tipo de construção nas rodovias SP 255, SP 249 e SP 318. Ao total, são seis praças de pedágio, que utilizaram estruturas pré-moldadas de concreto, entre pilares com seção 40x40 cm, al-

tura de 7,00 m, com duto central para escoamento das águas pluviais, vigas de comprimento de 15,9 metros e 13,4 metros, telhas W37 de 16 metros de comprimento e cabines dupla e simples, e submarinos, cujo volume total de concreto somou 2.280 m³ (Foto 3).

Um dos grandes desafios dessa obra foi atender o prazo de seis meses, com a execução simultânea das seis praças. Para isso, foi usado um processo cons-

trutivo pioneiro de execução dos submarinos em peças pré-fabricadas de concreto, que contou com nove unidades em cada uma, sendo oito com 41,50m e uma com 30m de comprimento, executados em formas metálicas seccionáveis, num total de 474 peças. Para a montagem das estruturas, utilizaram-se equipamentos de capacidade de carga necessários para atender às necessidades da etapa, tanto em transporte quanto na montagem como todo.

Entre as vantagens e resultados obtidos e reconhecidos pelos clientes (Artesp e a Concessionária Ecorodovias/Ecopistas), destacam-se: redução de até 30% nos prazos contratuais e diminuição de 60% no efetivo de mão de obra direta e indireta alocado nos canteiros de obras. Além disso, para execução do projeto, foi realizada a montagem das 301 vigas longarinas pretendidas, com içamento de até 16 vigas em um só dia e a montagem de 10419 pré-lajes, com a média de 240 peças diariamente.

2.3 Duplicação da SP 147

Já a duplicação SP 147 — Rodovia Eng. João Tosello, entre Engenheiro Coelho e Limeira, no interior de São Paulo, compreendeu dez obras de artes especiais com projetos alternativos, sendo quatro pontes, três dispositivos de retorno superior, dois dispositivos de retorno inferior, uma ampliação de aduela e 18km de barreiras. O projeto teve início em novembro de 2017, com liberação parcial de trechos executados para entrega final até dezembro de 2018.

Um destaque dessa obra é a ponte com projeto alternativo, que foi executada e liberada para o tráfego sobre o Ribeirão Tabajara. A situação inicial era para execução conforme projeto



Foto 3 – Praças de pedágio pré-fabricadas de concreto adotadas pela Arteris/Viapaulista

executivo da Concessionária Arteris/Intervias, elaborado com superestrutura em vigas pré-moldadas e fundações em estacas-raiz, para atender apenas à travessia do rio, com vão de 20,60m, com solo reforçado nas cabeceiras até atingir o nível da ponte. No entanto, o prazo necessário para estabilização dos aterros com solo reforçado iria ultrapassar a data limite para entrega total das obras.

Assim, foi proposta a execução da obra, com fundação em estacas-raiz e estacas pré-moldadas, com diâmetro de 60 cm, com comprimento médio de 11 metros, trabalhando com dupla função estaca e pilar, num total de 96 unidades; superestruturas em vigas transversinas dispostas na direção transversal ao tráfego a cada 3,0m; com longarinas pré-fabricadas, com sistema de aderência inicial (pré-tensionadas); e pré-lajes servindo de forma com armação principal (Foto 4), complementadas com segunda etapa de concretagem no local, aumentando o vão da ponte e mantendo o greide e gabarito. Além disso, na mesoestrutura, houve a instalação de 4 blocos de apoios executados *in loco*.

Todas as estruturas foram fabricadas na indústria, com menor prazo e custos inferiores ao do projeto elaborado inicialmente.

2.4 Montagem de viaduto na Rodovia Anhanguera

Outro caso emblemático foi o da execução da montagem das estruturas pré-fabricadas de um viaduto construído no quilômetro 91 da Rodovia Anhanguera, em Campinas, interior de São Paulo (Foto 5). Por se tratar de obra encravada numa região que concentra grande parte do fluxo de veículos do país, com predomínio do tráfego



Foto 4 — Montagem de OAE na duplicação da Rodovia SP-147

de caminhões, em virtude da elevada concentração industrial na região, sem contar a proximidade com o Aeroporto Internacional de Viracopos, foram enormes os desafios de logística para transporte e montagem de vigas longarinas que mediam 40 metros e pesavam até 78 toneladas.

A questão do prazo de apenas seis horas em que se poderia trabalhar no canteiro do viaduto, em razão da linha de energia que atende à rede industrial

de Campinas pode ser desligada nesse período, não era o único problema. O tempo era suficiente, mas a montagem envolveu outros desafios, pois, no local, havia, além da rodovia, algumas vias marginais, redes de gás, de fibra ótica, drenagem, entre outros. Diante desse cenário, foi definido que as vigas e todas as peças menores fossem pré-fabricadas em unidade fabril e transportada para a obra apenas no dia da montagem, uma vez que não havia espaço



Foto 5 — Viaduto no km 91 da Rodovia Anhanguera



para estacionar as carretas, a não ser com o fechamento das vias marginais.

Definido esse ponto, os gestores da obra se debruçaram sobre outra questão crucial para a montagem das estruturas pré-fabricadas do viaduto: a escolha do equipamento. Assim, optou-se por utilizar um guindaste de esteiras, com lança telescópica, que, no momento mais crítico, chegou a operar a menos de 3 metros da rede de alta tensão. Dois outros guindastes operaram simultaneamente em cada uma das marginais da rodovia para, em duas madrugadas seguidas, finalizar o trabalho mais pesado. Concluída a montagem das peças dos tabuleiros sobre as marginais, seguiu-se a montagem das vigas longarinas sobre as vias expressas, com 40,15m de comprimento e 78t de massa.

As vigas de 78 toneladas foram transportadas ao local de montagem com o uso de três conjuntos de transportadores de linha de eixo. Foi necessário um cuidado extra no transporte, com o uso de um sistema de vagonamento lateral na peça, de modo a evitar que os esforços causados pela redução do ângulo do cabo causassem torção com danos nas longarinas.

Por fim, na data programada, às 12 horas, foi iniciada a operação de montagem dos tabuleiros sobre as vias expressas, com o fechamento do tráfego para a montagem do guindaste de 750 toneladas, que montou, até às 15 horas do dia seguinte, 10 vigas e 704 pré-lajes, com mínimos impactos aos usuários da rodovia e também para quem vive ou trabalha no entorno.

2.5 Viaduto sobre Rodovia Dutra

Muitas vezes, o principal desafio na montagem de obras com estruturas

pré-moldadas está no peso das peças. Foi esse o caso do viaduto, com superestrutura em pré-moldado, para passagem superior sobre a Rodovia Presidente Dutra, na altura do km 99, na entrada de Pindamonhangaba, no Vale do Paraíba. Para vencer os 50 metros de vão, foi necessária a instalação de vigas pré-moldadas pesando 142 toneladas.

A montagem das estruturas do viaduto ainda apresentou outro desafio. Foi observado que o solo no local não tinha resistência suficiente para suportar a colocação de guindaste sobre esteiras para o lançamento das vigas. Seria necessário um grande reforço do solo. Devido a grande dimensão das vigas, sua pré-fabricação foi realizada num pátio implantado a 50 metros do local de sua montagem, pois, mesmo com o solo mole, a utilização de conjuntos transportadores distribuiria a carga em vários eixos e o solo suportaria. Para impulsionar o conjunto transportador foi dimensionado um equipamento especial.

Para o içamento das vigas, foram dimensionados um guindaste sobre pneus, com capacidade de 500 toneladas, e que foi montado na pista 2 no sentido Norte da Dutra, deixando o tráfego fluir na pista 1. Outro guindaste de 750 toneladas foi instalado no acostamento lateral da pista Sul, deixando o tráfego fluir nas faixas 1 e 2. A montagem ocorreu em duas noites, com o lançamento de três vigas por noite, sendo que o trânsito foi totalmente interrompido somente por 20 minutos apenas no momento de colocação das vigas.

2.6 Pontes sobre rio Anhumas

O solo também foi o desafio vencido na concepção, produção e montagem das estruturas de pré-fabricados

utilizados na construção de uma ponte sobre rio Anhumas, no quilômetro 133 da rodovia Dom Pedro I, em Campinas (SP). O problema do solo instável exigiu o apoio de um consultor geotécnico e a realização de alguns ensaios para conferir a capacidade de suporte. Resolvido esse problema, foi elaborado um planejamento da logística de trânsito para patolagem dos guindastes e chegada das vigas até o ponto de içamento pré-estabelecido no plano de *rigging* (Foto 6).

O içamento das vigas longarinas, que mediam 41 metros, começou duas horas após o fechamento do trânsito e durou quatro horas. Em seguida, a pista foi limpa e o trânsito liberado.

O grande desafio de obras como as citadas anteriormente diz respeito à logística, especialmente devido ao peso dos elementos estruturais. Por esta razão, deve-se avançar cada vez mais na tecnologia do concreto, indo em direção a concretos especiais, como *Ultra High Performance Concrete* (UHPC), que poderá diminuir o volume com o uso de concreto de maior desempenho. Esta tem sido uma meta da pré-fabricação mundial e também no Brasil. Não somente pela aplicação em infraestrutura, mas também na verticalização, uma vez que o sistema cada vez mais tem sido demandado em fachadas e estruturas de edifícios mais altos.

Outros desafios tem sido o desenvolvimento de novos produtos para rodovias, como o pavimento pré-fabricado de concreto, já consagrado nos Estados Unidos, conforme o Relatório Final publicado pelo setor de pesquisa e tecnologia do Departamento Federal de Administração em Transportes americano (FHWA), intitulado "Evaluation for precast concrete", que pode ser baixado gratuitamente pelo site



Foto 6 – Montagem noturna da Ponte Anhumas

www.precastconceretepavement.org. Outras informações podem ser obtidas no site www.fhwa.dot.gov.

Em termos breves, o material conclui pelos benefícios e custos do uso dos painéis pré-fabricados. De forma análoga aos painéis de concreto executados da forma tradicional, a viabilidade passa por múltiplos fatores, como a solução do projeto, a localização geográfica. A maior durabilidade se constitui em um fator relevante, mas os fatores-chave para o uso do sistema são a segurança e a eliminação do congestionamento do tráfego, além da possibilidade da reciclagem futura em outros projetos, bem como significativas melhorias nos custos de manutenção.

É importante destacar que, no Brasil, recentemente a indústria teve uma experiência relevante nesta área, cujo estudo de caso já foi publicado na CONCRETO & Construções Ed. 93,

que foi a execução do Campo de Provas da Mercedes Benz, atendendo especialmente as exigências rigorosas no que tange a precisão.

3. CONCLUSÃO

Os casos mencionados exemplificam que o uso do sistema tem cada vez mais se evidenciado em obras de infraestrutura correntes em todo o país, em todas as frentes de utilização. O fato da indústria, com segurança, adotar, cada vez mais, novas tecnologias de materiais e equipamentos em seus processos de produção e montagem, bem como a atualização permanente da normalização e boas práticas aplicáveis ao setor, tem permitido o desenvolvimento de novas soluções e alternativas para o projeto. É fundamental destacar que o projeto deve ser desenvolvido por especialistas no sistema, visando otimizar os recursos e apresentar não somente

o detalhamento, mas também a aplicação de novas ferramentas como o BIM (*Building Information Modelling*), bem como a interface entre produção e montagem, e, em especial, a segurança durante a montagem das estruturas pela observância das situações transitórias e estabilidade global da estrutura.

Adotar o sistema em pré-fabricados de concreto passa necessariamente por um estudo de viabilidade, não sendo possível comparar de forma genérica o custo com os demais sistemas construtivos. Como demonstra o estudo realizado pelo FHWA, é uma questão de análise de custo x benefício na qual muitas variáveis estão envolvidas e que são fundamentais e únicas para cada obra, quando a logística assume um papel preponderante. Adicionalmente, no Brasil o principal desafio para aplicação em algumas áreas, como a habitação, por exemplo, não é questão de ordem técnica, como já provado em inúmeros desafios, mas de ordem tributária, uma vez que, quando produzido industrialmente, diferentemente do sistema convencional, sofre o impacto do ICMS sobre a estrutura.

4. AGRADECIMENTOS

Aos associados da ABCIC, Cassol, Leonardi e Tranenge, por disponibilizar informações e imagens de obras apresentadas no artigo, através de sua participação no Prêmio Obra do Ano em Pré-fabricados de Concreto. 🏗️

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[01] Anuário ABCIC – Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, 2016 <http://www.abcic.org.br/Publicacoes/Issuu/650>.

[02] ABNT NBR 9062 Projeto e Execução de Estruturas Pré-Moldadas de Concreto (2017).

[03] Facts and Statistics – Work Zone Safety. Work Zone Safety Program, Federal Highway Administration of the U.S. Department of Transportation, 2015. https://ops.fhwa.dot.gov/wz/resources/facts_stats/safety.htm.

