

Otimização do processo de fabricação na construção

Módulos pré-fabricados de concreto auto-adensável para obras de habitação popular

Dos sistemas construtivos presentes no Brasil, o pré-fabricado tem mostrado agregar o mais alto nível de produtividade e qualidade final, pois o que acaba tornando a construção industrializada é montar a obra e não construir. Contudo, será que apenas usar pré-moldado é o suficiente? Sabe-se que é preciso que a mão de obra trabalhe em uma linha de montagem. Deve-se eliminar totalmente a imprevisibilidade. Tudo deve ser sistematizado, controlado, padronizado e com menos desperdício. Neste sentido, o uso do concreto auto-adensável (CAA) tem contribuído para aumentar o nível de industrialização, eliminando alguns problemas decorrentes do processo tradicional de concretagem, conseqüentes da ineficiência da vibração mecânica. Dessa forma, é possível minimizar sobremaneira o re-trabalho em obra. Para ilustrar isso, é apresentado um Case comparativo de duas obras da Construtora BS.

■ Ricardo Alencar, Sika S. A., Brasil
 Josemar Marcon, Construtora BS, Brasil
 Paulo Helene, Universität von Sao Paulo, Brasil ■

Quando se fala de produto de média renda, a competitividade vem pelo 'marketing de produto'. Quando se ingressa na baixa renda, muda-se para 'engenharia de produto'. De forma que, não adianta dotar o produto de uma variável emocional, se não for possível um produto competitivo (Rocha Lima, 2009). Ou seja, é preciso ter soluções competitivas para atuar neste mercado, de modo a viabilizarem moradias econômicas, de orçamento apertado.

Por isso, a escolha adequada da tecnologia construtiva é decisiva. É preciso criar condições para que aumentar a capacidade de produção da moradia em escala industrial. Para isso, devem-se deixar os métodos artesanais.

Para dar resposta a essa necessidade de mercado, a BS Construtora desenvolveu um sistema construtivo próprio e inovador para a produção de unidades habitacionais no Brasil. O elemento básico do sistema é o módulo de concreto pré-fabricado, que constitui o próprio: quarto, sala, cozinha e banheiro da casa. Após a concretagem, os módulos são transportados até a

obra, montados sobre uma base plana (radier), onde recebem acabamento e cobertura industrializada (galvanizada ou metálica pintadas) com telhas cerâmicas.

É possível verificar algumas vantagens desse sistema construtivo em relação ao mais comum processo construtivo no país (tijolinho-por-tijolinho). Há um ganho em produtividade com projetos padronizados com alto grau de repetitividade, a mão de obra é menor, a qualidade possível de se obter é maior, pois o uso de fôrmas metálicas, com grande precisão dimensional, pressupõe poucas improvisações em obra, além de que as fôrmas são reaproveitáveis várias vezes, implicando em uma redução de desperdício em madeira e maior ganho em sustentabilidade. Dessa forma, existe a grande oportunidade de mudar o paradigma de que "populár é ruim".

Estudo de caso

O primeiro projeto desenvolvido pela construtora na linha habitacional foi o de 1500 casas, em 2008, em Lucas do Rio Verde (MT), para abrigar os funcionários da fábrica da Sadia (Brasil Foods BRF) na região. O desenvolvimento técnico mostrou maiores vantagens competitivas, mudando o conceito do projeto de concreto fluido

para concreto auto-adensável, no final desta obra.

Em 2009, a empresa iniciou o ano com a construção de 1000 casas, com toda a infra-estrutura, escola, posto de saúde, etc; para o Pólo de Desenvolvimento de Porto Velho. Este projeto não só ira dar casas para os trabalhadores da Usina Hidrelétrica de Jirau, em Porto Velho (RO), como também irá dar casas para os moradores locais que terão suas casas indenizadas e cujas condições de vida são extremamente pobres. Eles irão se mudar de uma casa de lona para uma casa de concreto. Desta forma, este projeto dará uma contribuição para melhorar suas condições de vida.

Antes: concreto fluido

Foram verificados alguns problemas devido ao uso ineficaz do concreto convencional para este tipo de sistema construtivo, na primeira obra mencionada. Isso porque, para obter uma adequada compactação do concreto às fôrmas era necessário imprimir uma grande energia por meio de vibradores mecânicos, mesmo utilizando concreto de slump 20cm (consistência fluída), pois os painéis das paredes são muito delgados (altura de 2,4m e de espessura entre 6-10cm); o que dificulta sobremaneira a moldagem. Conseqüentemente, não raro acontecia:



Fig. 1: a) desmoldagem do módulo; b) transporte até a obra; c) montagem da casa



Fig. 2: a) Casas da Sadia (MT) ; b) Pólo de Desenvolvimento de Porto Velho (RO)

- deslocamento das instalações elétricas e hidráulicas dentro das fôrmas;
- “embarrigamento” das paredes de concreto, causados pelo deslocamento dos próprios painéis das fôrmas, que, por vezes, não suportavam o grande esforço gerado pela vibração mecânica (necessitando de fôrmas ainda mais robustas);
- “bicheiras” no concreto em áreas de difícil acesso, como embaixo dos vãos das esquadrias, que dificultam a vibração.

Todas essas patologias geravam a necessidade de reparação dos módulos. As paredes de concreto eram quebrados para colocar as instalações no plumo. O embarrigamento ocasionava um re-trabalho para desgastar a superfície do concreto para a sua planificação. Já os vazios abaixo das

janelas eram corrigidos com um posterior grautimento. Todas essas medidas eram necessárias visando a perfeita adequação técnica do produto.

Depois: concreto auto-adensável

A segunda obra já iniciou com o concreto auto-adensável. Como o cronograma era muito apertado, foi necessário obter um CAA que possibilitasse uma alta resistência inicial (fcj 8MPa, com apenas 8h - necessária para sacar as peças) frente uma resistência final de 20MPa. Isso porque, o diferencial da Construtora é a rapidez; algumas casas são feitas em 24h. Para isso, é utilizado o processo de cura a vapor realizada apresentado na Figura 4.

Além disso, foi utilizado um aditivo base policarboxilato (ViscoCrete® 20HE) com altíssima resistência inicial (HE - high early



■ Ricardo Alencar é Coordenador do Mercado de Pré-moldado e Construções Modulares, Sika Brasil. Arquiteto, Mestre em engenharia civil pela USP, cursa MBA Executivo na ESPM. Recebeu o Prêmio de melhor dissertação de mestrado na Categoria Materiais e Técnicas em 2009 pelo IBRACON. É autor de diversas publicações técnicas em revistas, livros e artigos internacionais. Foi membro-secretário do CB-18 (ABNT) para normalização do concreto auto-adensável.
alencar.ricardo@br.sika.com



■ Josemar Luis Marcon é Diretor de Produção da Construtora BS. Responsável pelas áreas de controle tecnológico, desenvolvimento de novos produtos, novas fábricas e produção. É Engenheiro Civil pela UFPR, Pós-graduado em Administração, Estratégia e Qualidade pela UFSC e cursa MBA em Gerenciamento de Projetos na FGV.
josemar.marcon@bsconstrutora.com.br



■ Paulo Helene é Diretor da PhD Engenharia, Conselheiro do Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON, MSc, PhD, Prof. Titular, Universidade de São Paulo EP-USP, Member of fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life Design, Miembro de Honor de la Red Internacional Prevenir.CIAM/CYTED, Presidente de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de las Construcciones ALCONPAT Internacional, Orientador de 26 teses de doutoramento e 42 Dissertações de Mestrado, todas já concluídas. Membro do ACI, IABSE, ABNT, fib

paulo.helene@poli.usp.br

strength) e manutenção de trabalhabilidade de 20min (para garantir pega rápida), com CP IV 32 RS, areia fina (0,6 mm), areia grossa (4,8 mm) e brita 0 (9,5 mm). Os principais traços são apresentados na Tabela 1.

O concreto auto-adensável utilizado nos módulos pré-fabricados exigiu as seguintes características no estado fresco em destaque (classificado segundo EPG, 2005):

- Fluidez - especificada através do ensaio do slump-flow (ASTM 1611-06): a) SF1, 550 - 650 mm; b) SF2, 660 - 750 mm e c) SF3, 760 - 850 mm
- Viscosidade - medida pelos ensaios de slump T_{500} (ASTM 1611-06) e e funil V: a) VS1 / VF1, Slump $T_{500} \leq 2$ s e funil $V \leq 8$ s e b) VS2 / VF2, Slump $T_{500} > 2$ s e funil V entre 9 - 25 s
- Habilidade passante - definida com base no L-box: a) PA 1, L-box $\geq 0,80$ com 2 armaduras; b) PA 2, L-box $\geq 0,80$ com 3 armaduras
- Resistência à segregação: a) SR1, ≤ 20 (%) e b) SR2, ≤ 15 (%). Embora

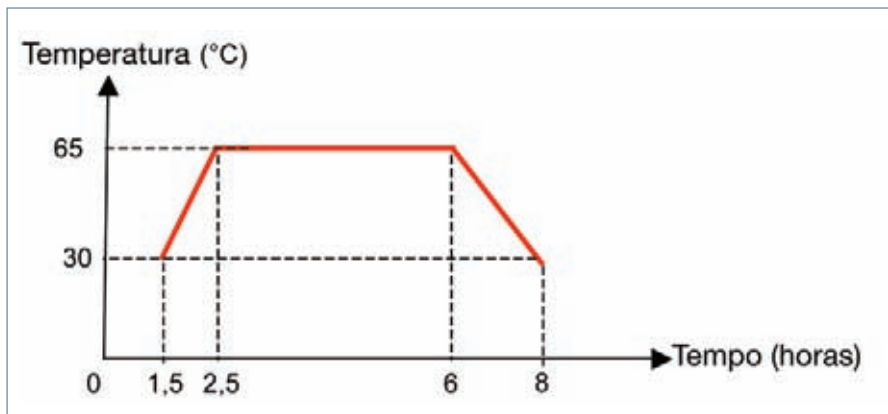


Fig. 3: Gráfico geral do processo de cura a vapor dos módulos pré-fabricados

a classificação de SR seja orientada pelo EPG 2005, o teste é realizado através do Column technique (ASTM 1610), cuja % de segregação é dada pela fórmula: $2 * [(CAB - CAT) / (CAB + CAT)] * 100$

Pensando apenas no fato de que, o lançamento é realizado a partir de um ponto mais alto com curto espalhamento horizontal, até poderia ser utilizado um CAA de menor fluidez -SF1 (550-650mm) nos módulos. Contudo, normalmente fluidez e viscosidade estão associadas no concreto. De forma que, quanto maior a fluidez mais fácil é de se obter uma viscosidade mais baixa, e vice versa. Logo, obtendo um CAA SF2 (660-750mm, normalmente especificada para a grande maioria das aplicações: pilar, vigas, etc), também se tornou mais fácil obter um CAA de baixa viscosidade (VS1 / VF1), comparado com um SF1. Deve-se esclarecer que, concretos com baixa viscosidade facilitam o escape do ar incorporado na moldagem, ocasionando muitas uma boa superfície acabada (sem bolhas).

Na Figura 6 é possível observar as características do CAA no estado fresco e endurecido.

Com o uso do concreto auto-adensável minimizou-se sobremaneira a necessidade



Fig. 4: a) slump-flow; b) funil V; c) caixa L e d) coluna de segregação

Tab. 1: Traços de CAA

Traços	Materiais [kg/m³]						Resistência à compressão [N/mm²]									
	CPIV	areia fina	areia grossa	b0	água	20HE	7 h		18 h		24 h		7 d		28 d	
1 - 4.5	372	575	383	716	206	4,84	14,0	12,8	14,7	13,2	16,8	16,4	19,4	18,3	26,7	25,7
1 - 4.75	355	582	388	714	211	4,61	10,8	9,5	13,8	13,5	14,0	14,0	18,4	16,7	25,4	24,5
1 - 5	346	603	402	727	208	4,50	8,0	7,3	13,9	12,5	13,4	12,0	16,0	15,7	22,4	21,4

do re-trabalho citado anteriormente, obtendo uma melhoria no acabamento final. Dados mais objetivos das vantagens alcançadas são apresentados no próximo item.

Análise de viabilidade

A comparação do custo entre obras realizadas em dois diferentes estados brasileiros a fim de verificar o ganho no uso de determinada tecnologia inovadora é complexa, pois depende da oferta de matérias primas locais, mão de obra, etc. Por isso, a análise de viabilidade proposta considera o potencial de ganhos e perdas percentuais com a aplicação do CAA em relação

Nossos equipamentos não têm segredo, têm tecnologia.

A busca contínua pela excelência tecnológica nos coloca na vanguarda dos mais modernos sistemas produtivos para a indústria de pré-fabricados de concreto armado e protendido. São mais de 30 anos de experiência e respeito pelos nossos clientes e parceiros.

CENTRAIS DE CONCRETO



Além de Centrais de Concreto e Fôrmas Metálicas, oferecemos uma linha completa de equipamentos como Extruder EX203, Moldadora Deslizante, Máquina de Corte, Sistema de Protensão e assessoria no desenvolvimento de projetos e implantação de fábricas.



FÔRMA FLEX



FÔRMA METÁLICA tipo BATERIA



WEILER-C. Holzberger Industrial Ltda.
Rio Claro - SP - Brasil
Tel. .. ++55(19) 3522 5903 / 5904 Fax: 3522 5905
www.weiler.com.br weiler@weiler.com.br

Tab. 2: % de ganhos (+) e perdas (-) com a substituição do concreto fluido pelo CAA, em relação aos indicadores de produção.

Indicadores	ganhos (+) e perdas (-)
\$ mão de obra de concretagem	-33 %
\$ manutenção de mangotes	-100 %
\$ concreto	+24 %
\$ energia elétrica	-100 %
\$ mão de obra para reparo das fôrmas	-33 %
\$ material para reparo das fôrmas	-81 %
Volume de concreto produzido (m ³)	+20 %
\$ total para cada m ³ de concreto	-10 %



Fig. 5: a) lançamento do CAA; b) desempenho do concreto fresco; c) módulo de CAA

ao concreto fluido, na primeira fábrica (MT). Inclusive este estudo serviu de base para a utilização do CAA na segunda fábrica (RO).

Para isso, foram selecionados na Tabela 1 alguns dos principais indicadores de custo de produção, dentro da Etapa de Concretagem.

Com o concreto fluido eram necessários três funcionários para concretagem de cada módulo pré-fabricado, que alternavam funções para: abrir a caçamba, vibrar e fazer o acabamento superficial do concreto com régua metálica. Com o CAA só foi necessário apenas dois.

Com a aplicação do CAA foi possível eliminar a manutenção e energia elétrica gasta com vibradores. O vibrador tem uma vida útil de dois ou três meses sem manutenção. Para uma fábrica deste porte, é normal quebrar um equipamento por semana. Além disso, observa-se uma depreciação do vibrador ao longo do tempo.

Devido ao excessivo desgaste das fôrmas pelo vibrador com o concreto fluido, obtinha-se uma vida útil para as fôrmas de dois meses sem manutenção. No caso do CAA verifica-se pelo menos seis meses. A manutenção das fôrmas além de gerar um gasto considerável também gera uma improdutividade no período de reparo, aproximadamente quatro dias, que equivale a deixar de concretar 8 módulos ou cerca de 24m³ de concreto.

Além disso, devido a eliminação da etapa de vibração, observa-se uma redução do tempo de concretagem de 25min para apenas 10min substituindo o concreto fluido pelo CAA.

Por todos esses fatores percebe-se que, apesar de gerar um impacto inicial no \$

Concreto, o uso do CAA acaba sendo compensado pela redução do custo final de produção, que é o que interessa.

Cuidados na aplicação do CAA

Para obter todas as vantagens apresentadas são necessários alguns cuidados especiais com a aplicação do concreto auto-adensável. Todo lote de CAA deve ser testado pelo slump-flow até confirmação das características requeridas. Este teste também deve fazer parte do controle de produção.

O tempo de mistura do CAA pode ser um pouco maior comparado ao concreto convencional (cerca de 30%). Isso se deve ao maior conteúdo de argamassa e aditivo superplastificante, que geram maior dificuldade para a completa homogeneização da mistura.

Uma moldagem vertical e rápida pode dificultar o escape do ar aprisionado, ainda mais em peças esbeltas. Por isso, recomenda-se que o CAA seja lançado perfazendo movimentos circulares ao redor do módulo da fôrma, de modo a criar finas camadas de concreto e facilitando o escape do ar aprisionado.

A vibração mecânica deve ser terminantemente evitada, pois o uso do vibrador irá afetar a estabilidade da mistura gerando uma segregação. A exceção se dá após uma pausa na concretagem, se o CAA perder as características de auto-adensabilidade.

O CAA é mais sensível que o concreto comum às variações das características físicas dos materiais, especialmente o conteúdo de umidade dos agregados. Por isso, a umidade dos agregados deve ser constantemente monitorada (pelo menos 3X ao dia) e o ajuste de dosagem deve ser previsto. A água em excesso, acaba causando exsudação e segregação. Já uma reduzida quantidade de água na mistura, em relação ao que foi dosado, leva à diminuição no nível de auto-adensabilidade (Belohuby & Alencar, 2007).

Embora o CAA não danifique as fôrmas, como observado no concreto fluido (pelo uso do vibrador), deve-se se basear na hipótese que a pressão exercida é aproximadamente igual à pressão hidrostática (Fava & Fornasier, 2004). Por isso, especial atenção deve ser dada tanto aos suportes de amarração e a estanqueidade das fôrmas, para não haver vazamento de concreto por frestas.

THE ROAD TO RECOVERY RUNS THROUGH CHARLOTTE

©Wollwerth | Dreamstime.com

Make your plans now to attend the most important annual event in the precast concrete industry. The Precast Show 2011 features the most comprehensive precast-specific education and technical training anywhere, along with a trade show floor filled with experts displaying the equipment, supplies and services required to run a 21st century precast business. If you're ready to position your company for the future, you'll find everything you need at The Precast Show. There is no other venue that offers so many resources in one place at one time for one industry.

Talk With Equipment & Technology Experts ♦ Network With Precasters ♦ Learn New Financial & Management Techniques
♦ Train Your Production Personnel ♦ Check Out the Latest Products ♦ Advance the Industry ♦ Get Ready for the Recovery

IF YOU'RE IN PRECAST, YOU NEED TO BE HERE!

FIND OUT MORE AT: WWW.PRECAST.ORG



January 27-29, 2011 | Charlotte Convention Center | www.precast.org

Conclusão

O Case da Construtora BS é um caso típico de potencial de melhoria no processo de produção que o uso do concreto auto-adensável pode agregar. Embora, o custo do CAA seja mais alto que o concreto fluido, a análise do custo de produção provou ser vantajosa.

A redução do re-trabalho em obra resultou da eliminação dos problemas decorrentes do processo tradicional de vibração mecânica. Além disso, o CAA tem contribuído para obter um produto final de melhor qualidade. Confirmando assim a premissa inicial de que, não basta apenas usar pré-fabricado deve-se trabalhar também com tecnologias racionalizadas a fim de reduzir desperdícios e aumentar o nível de industrialização da construção.

Referências

- American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard test for static segregation of self-consolidating concrete using the column technique. C 1610. Philadelphia, 2006;
Standard test method for slump flow of self-consolidating concrete. C 1611. Philadelphia, 2006;
- Belohuby, M.; Alencar, R.S.A. Tecnologia do concreto pré-fabricado: Inovações e aplicação. In: Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto. 2. ed., p. 511-531, 2007;
- EPG – European Project Group (BIBM; Cembureau; ERMCO; EFCA; EFNARC). “The European guidelines for self compacting concrete”. 63p., 2005;
- Fava, C.; Fornasier, G. Hormigones autocompactantes. In: Hormigones especiales. Ed. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, Santa Fe, p. 57-96, 2004;
- Rocha Lima, João (coordenador do Núcleo Real Estate da Poli-USP) em entrevista para a Revista Construção Mercado: “Um novo mercado”, p. 14-16, Maio/2009;

MAIS INFORMAÇÕES



Sika S.A.
Av Dr Alberto Jackson Byington
1525 Vila Menck 06276-000 Osasco, Brasil
T +55 11 36874600, F +55 11 92273386
alencar.ricardo@br.sika.com, www.sika.com

a touch of respect

Focus 2011
Sustainable Construction

earth-moving
concrete
road
drilling
quarrying
lifting
vehicles
components

rental area
demo area

sponsored by
CECE

organized by
VERONAFIERE

Samoter
28th International Triennial Earth-moving
and Building Machinery Exhibition
2nd - 6th March 2011 Verona, Italy
www.samoter.com