FALHAS DE CONCRETAGEM: COMPARATIVO ENTRE USO DE CONCRETO AUTO ADENSÁVEL (CAA) E CONCRETO CONVENCIONAL (CCV)

Siqueira, H.L.[1], Bertocini, S.R.[2], França, V.R.P.[3], Helene, P.R.L.[4]

[1] UFMS, acadêmico, graduação, e-mail: henriquesiqueira.eng@gmail.com
[2] UFMS, professora, Mestra, e-mail: sandra.bertocini@gmail.com
[3] UFMS, acadêmico, graduação, e-mail: victor23rondon@hotmail.com
[4] PhD Engenharia, diretoria, Doutor, e-mail: paulo.helene@concretophd.com.br

RESUMO

O uso do concreto auto adensável (CAA) ou "*self-compacting concrete*" (SCC) proporciona inúmeras vantagens à execução de estruturas de concreto, sendo mais evidenciada a eliminação do uso de vibradores mecânicos, o que contribui para um melhor ambiente de trabalho, por eliminar os ruídos provenientes da vibração e também reduzir o tempo necessário para a moldagem de peças e componentes estruturais. O concreto convencional (CCV), ao necessitar passar por um processo de adensamento, torna-se suscetível à ocorrência de falhas de concretagem (popularmente conhecidas por "bicheiras"), enquanto o CAA, por sua natureza fluida, exige fôrmas estanques e resistentes para reduzir os riscos de ruptura de fôrmas ocasionando perdas do material durante a concretagem. Este trabalho visa apresentar e discutir as diferenças encontradas entre o uso do CCV e do CAA no que tange às falhas de concretagem tomando como base casos reais de aplicação desses concretos. Como resultado desta pesquisa foi evidenciado a viabilidade do uso de CAA quando se realiza um treinamento de toda a equipe envolvida na obra, melhorando o aspecto estético e aumentando a produtividade dos elementos em concreto.

Palavras chave: Concreto auto adensável; manifestações patológicas; falhas de concretagem.

ABSTRACT

The use of self-compacting concrete (SCC) or "concreto auto adensável" (CAA) provides numerous advantages for the implementation of concrete structures, being more evident the elimination of the use of mechanical vibrators, which contributes to a better working environment, eliminating noises from vibration and also reduces the time required to mold structural components and pieces. The conventional vibrated concrete (CVC) within its need to go through a process of vibration becomes susceptible to the occurrence of failures of concrete (popularly known as "maggots"), while the SCC, in its fluid nature, requires watertight and resistant forms to reduce the risk of rupture of the molds causing loss of material during the concreting. This paper aims to present and discuss the differences between using CVC and CAA regarding the failures of concrete building on real cases implementing the concrete. As a result of this research has shown the feasibility of using SCC when conducting a training of all staff involved in the work, improving the aesthetic appearance and increasing the productivity of concrete products.

Keywords: Self-compacting concrete; pathological manifestations; concreting failures.

1. INTRODUÇÃO

"O concreto, no sentido mais amplo, é qualquer produto ou massa produzido a partir do uso de um meio cimentante. Geralmente esse meio é produto da relação entre um cimento hidráulico e água, mas atualmente mesmo essa definição pode cobrir uma larga gama de produtos. [...]" (NEVILLE & BROOKS, 2013, p.2).

Observando a norma ABNT NBR 14931:2004, o concreto convencional deve ser vibrado ou apiloado. O adensamento deve ser cuidadoso, para que o concreto preencha todos os cantos das formas, tomando cuidado para não haver formação de ninhos ou segregação dos materiais.

De acordo com a ABNT NBR 15823-1:2010, define-se como concreto auto adensável o concreto que é capaz de fluir, adensar-se pelo seu peso próprio, preencher formas e passar por embutidos (armaduras, dutos e insertos), mantendo sua coesão de forma a evitar segregação nas etapas de mistura, transporte, lançamento e acabamento.

Tutikian & Dal Molim (2008) evidenciam as vantagens da aplicação de um CAA tais como: acelera a construção; reduz a mão de obra; melhora o acabamento; elimina barulhos; permite a concretagem de peças mais esbeltas e com armaduras mais densas; obtém um ganho ecológico, pode conter resíduo industrial e entre outras.

Segundo ISAIA (2005) patologia do concreto são todos os fatores que encadeiam uma redução na capacidade do concreto em exercer a função para a qual foi projetado, tal como vedação, resistência à compressão / tração na flexão, durabilidade, abrasividade e aspecto estético entre outros.

Segundo Helene (2011), os concretos devem ser coesos e viscosos, ou seja, devem permitir ser transportados adequadamente e até sua posição final sem apresentar segregação, bicheiras, ninhos, exsudação, variações de cor e escorrimentos exagerados.

Uma das manifestações patológicas mais comuns é a ocorrência de falhas de concretagem, também conhecidas por nichos de concretagem ou "bicheiras" (nota-se que comum não tem relação com normalidade e sim com ocorrência frequente), podendo ser proveniente de falta de adensamento ou insuficiente, dosagens inadequadas, desencadeando inúmeros problemas estruturas.

A busca constante por obras mais rápidas traz como consequência a necessidade de um maior cuidado perante a aplicação do CAA, a estanqueidade das fôrmas, por exemplo, deve ser garantida a fim de evitar desperdícios e acidentes por colapso das fôrmas. De acordo com Tutikian & Dal Molin (2008), fatores como velocidade de aplicação do concreto, pressão da bomba, altura de queda e altura total de lançamento são alguns fatores que influenciam na pressão exercida nas fôrmas de concreto.

Outro cuidado necessário durante a aplicação do CAA é a formação de marcas entre as camadas de concretagem e esse problema pode ser evitado utilizando um instrumento do tipo haste para homogeneizar a interface das duas camadas de concreto da mesma forma, que se faz para o adensamento realizado no ensaio de Abatimento de Tronco de Cone (*Slump-test*), com a diferença que nesse caso não se procura adensar e sim homogeneizar a mistura.

Este trabalho objetiva apresentar e discutir algumas das diferenças encontradas entre os usos de CCV e CAA no que tange às falhas de concretagem, tomando como base casos reais de

aplicação desses concretos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Contexto e localização

Para exemplificação de fatos ocorridos em obra real, como exposto no resumo, este trabalho conta com as situações ocorridas na obra do *Aquário do Pantanal*, em Campo Grande - MS, este que será o maior aquário de agua doce do mundo com 17 mil metros quadrados de área construída.

Esta obra localiza-se no *Parque das Nações Indígenas* um dos maiores espaços verde dentro de um perímetro urbano, com área de 119 hectares no centro da capital.



Fonte: Google maps

Figuras 1 e 2: Localização geográfica: Aquário do Pantanal



Fonte: Google maps

Figuras 1 e 2: Localização geográfica: Aquário do Pantanal

Conforme apresentado nas figuras 1 e 2 acima, o Aquário do Pantanal localiza-se no município de Campo Grande – Mato Grosso do Sul, dentro do *Parque das Nações Indígenas* com acesso dado pela Avenida Afonso Pena, a mais simbólica avenida da cidade.

O projeto arquitetônico conta com a participação do renomado arquiteto e designer brasileiro Ruy Ohtake, responsável por obras executadas no Brasil, Estados Unidos e Tóquio.



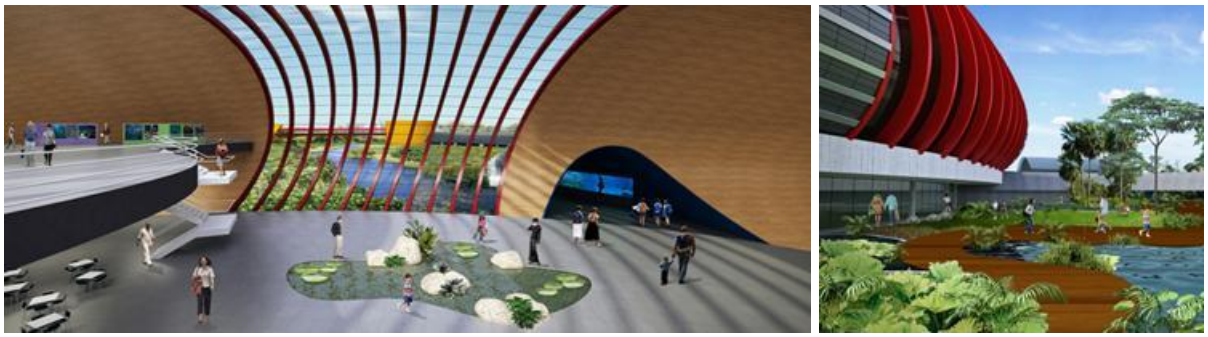
Fonte: Projeto arquitetônico de Ruy Ohtake.

Figura 3: Vista virtual aérea do Aquário do Pantanal



Fonte: Projeto arquitetônico de Ruy Ohtake.

Figura 4: Maquetes digitais do projeto



Fonte: Projeto arquitetônico de Ruy Ohtake.

Figura 5: Maquetes digitais do projeto

2.2 Etapas da obra

Primeira etapa

A obra foi composta por duas etapas construtivas, sendo a primeira em Concreto Convencional (CCV) com resistência à compressão de 35 MPa aos 28 dias e classe de consistência S100 com abatimento(A) de 140±20 mm. A segunda etapa contou com a contratação da empresa de Consultoria PhD Engenharia, que possibilitou a aplicação de um Concreto Auto Adensável (CAA) com resistência à compressão mínima de 50 MPa (também

aos 28 dias) e com classe SF2 espalhamento de 650 à 750 milímetros no *slump flow*.

Tal como seguem as figuras 6, 7 e 8, foram constatadas durante a primeira etapa de construção inúmeras falhas de concretagem, nichos ou *bicheiras*, resultado da dificuldade em realizar o devido adensamento por vibração, dada complexidade das peças e a alta concentração de armadura em determinados trechos (figuras 9 e 10), principalmente nos encontros de paredes.



Fonte: Fotos arquivo obra

Figuras 6, 7 e 8: Algumas manifestações patológicas encontradas na primeira etapa construtiva.



Fonte: Fotos dos autores.

Figuras 9 e 10: Pontos com alta concentração de armadura

Também foram constatadas marcas de concretagem, nas quais é possível verificar a diferença de tonalidade do concreto devido à demora na sequência de concretagem.

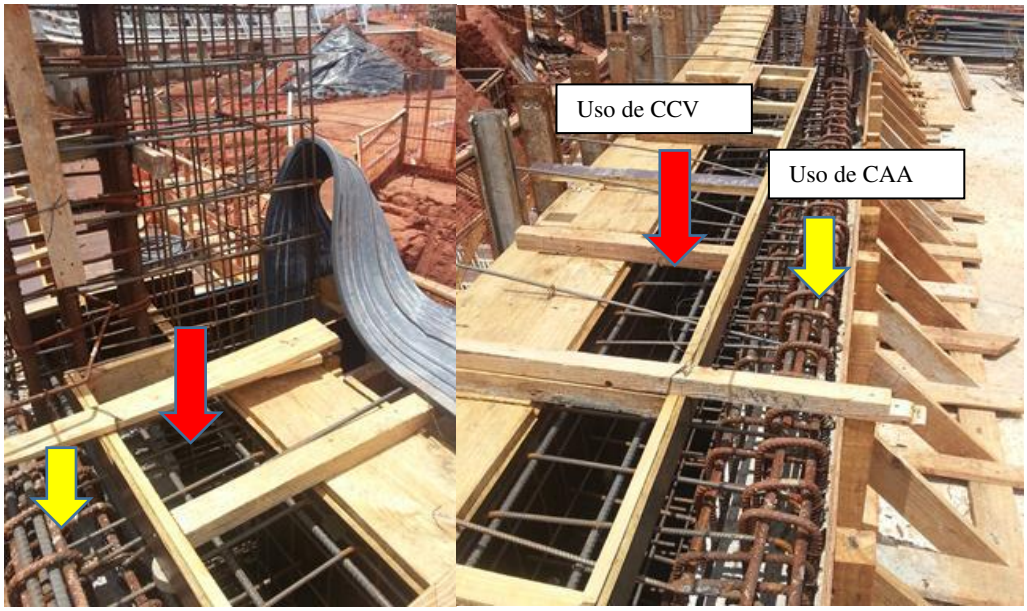


Fonte: Fotos dos autores.

Figuras 11 e 12: Fissuras e marcas no concreto

Nesta obra, devido à grande complexidade das formas, existem muitas peças de difícil execução e em alguns casos não poderia existir juntas frias de concretagem.

Foi utilizado nas peças das figuras 13 e 14 dois tipos de concreto, convencional com *slump de 140 mm* que foi aplicado no fundo da forma, onde com menor densidade de armadura poderíamos aplicar vibração e na segunda parte uso de CAA de *slump-flow* 650 mm até o final da viga, que neste caso seria difícil vibração pela alta densidade de armadura.



Fonte: Fotos dos autores.

Figuras 13 e 14: Peças com CCV e CAA

Foi utilizado uma junta elástica de dilatação *fungenband, nas figura 15 e 16* podemos observar grandes falhas de concretagem devido ao não preenchimento por completo da fôrma pelo concreto convencional.



Fonte: Fotos dos autores.

Figuras 15 e 16: Peças com CCV e CAA

Segunda Etapa

Na segunda etapa, com a utilização de CAA, foi possível observar grande melhora no aspecto

estético do concreto, apresentando maior uniformidade e coesão, além de necessitar menor tempo para sua aplicação. A melhoria pode ser verificada através da figura 17.



Fonte: Fotos dos autores.

Figura 17: Parede de tanque concretada com CAA

2.3 Ações na obra

Nas primeiras concretagens utilizando CAA houve muitas dificuldades, a mão de obra estava acostumada a realizar adensamento do concreto através de vibrador de imersão, alterar a rotina de trabalho gerou um desconforto evidente, os funcionários se mostravam desconfiados quanto ao aspecto do concreto (aparência altamente fluída).

Para ajudar na transição de uso do CCV para CAA, foi necessário treinamento intensivo dos envolvidos, criar procedimentos para facilitar o entendimento de que não é necessário o uso de vibrações para o adensamento do novo concreto, preparar métodos de recebimento do concreto (que se tornou muito mais rápido), familiarização com ensaios e normas referentes ao Concreto Auto Adensável.

Por fim, a alteração do tipo de concreto empregado na obra acarretou em mudanças na qualificação e comportamento da mão de obra, tal como no método de recebimento do concreto, tipos e frequência de ensaios realizados. Houve também melhora na estanqueidade das formas utilizadas que, por sinal, influenciou claramente no acabamento das superfícies dos elementos de concreto, suavizando irregularidades que antes eram comuns.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Muitas concretagens foram interrompidas por abertura de fôrmas, causando assim vazamento do concreto aplicado, tal fato pode ser devido à falta de conhecimento a respeito da pressão proporcionada pelo CAA sob as fôrmas que o envolvem. Após os primeiros insucessos presenciados foi estudada uma solução para a estanqueidade das fôrmas corrigido assim os erros em questão.

Após muito treinamento e aperfeiçoamento da prática, foi possível a aplicação do CAA no *Aquário do Pantanal* com eficiência.

Adequações nas aplicações para alguns traços de concreto foram necessárias em alguns casos, devido à grade quantidade de armadura e à complexidade das peças. Em vários locais houve necessidade de substituir brita 1, com dimensão máxima característica de 19 mm por pedrisco

(12,5 mm).

Outra grande mudança constatada na obra foi a rapidez obtida nas concretagens, através de treinamento na empresa de concretagem Sermix. A adição do dispersante passou a ocorrer na própria central e posteriormente o caminhão betoneira (CB) seguia caminho direto para a obra, que antes aplicava o aditivo superplastificante ao concreto somente no local da obra, causando demora no recebimento, ensaio e aplicação do concreto. Com a experiência adquirida, adotou-se a prática de recebimento do CB com a realização do ensaio de *slump-flow*, na sequência (caso as propriedades tenham sido constatadas como aceitáveis) descarregava-se o concreto. Isso deu agilidade na execução.

As figuras 18, 19 e 20 retratam o antigo método de recebimento do concreto, o aditivo superplastificante era levado à obra e adicionado no local, após sua adição era então realizado *slump-flow*.



Fonte: Fotos dos autores.

Figuras 18, 19 e 20: Aditivos aplicados e ensaio *slump-flow*

Enquanto um caminhão betoneira com 7 m³ de Concreto Convencional necessitava 20 a 30 minutos minuto para ser totalmente descarregado, quando passou-se a utilizar Concreto Auto Adensável o tempo necessário para descarregar cada CB caiu para 7 a 12 minutos minutos.

Também era realizado o controle de qualidade do concreto através dos ensaios de "Caixa L", "Funil V" e moldagem de corpos de prova (CP's), tal como segue nas figuras 21, 22 e 23.



Fonte: Fotos dos autores.

Figuras 21, 22 e 23: Ensaios "Caixa L", "Funil V" e moldagem de CP's

A alta fluidez do CAA proporciona menor desgaste da mão de obra durante a regularização da superfície do concreto, que resulta em um melhor aproveitamento, tendo em vista que estes

operam com menor nível de cansaço, tal como nas figuras 24 e 25.



Fonte: autores

Figuras 24 e 25: Aplicação do concreto e regularização da superfície

Foi solucionado o problema das falhas de concretagem nas juntas plásticas de dilatação *(fungeband)* aumentando o raio de ação dos vibradores e suas potências, dessa forma, atingindo pontos que antes não recebiam a energia de vibração necessária para o devido preenchimento da fôrma (figuras 26 e 27).



Fonte: Fotos dos autores.

Figuras 26 e 27: Execução de junta plástica de dilatação (*fungenband*).

4. CONCLUSÕES

Observa-se que na obra Aquário do Pantanal passou por uma mudança de diretriz, sendo que o novo rumo evidencia melhorias significativas na forma construtiva, destacando um maior controle tecnológico.

Pela complexidade do empreendimento, devido principalmente à concentração de armadura e esbeltez em inúmeras peças, tornou-se impraticável a execução das mesmas em concreto convencional, optando-se então pelo concreto auto adensável como solução para o problema. O comparativo dessas duas fases de desenvolvimento construtivo mostrou que, com o uso de concreto auto adensável, houve uma melhora significativa na qualidade e no aspecto estético dos elementos e também foi possível a melhora na coesão da mistura, isto posto, eliminando as recorrentes *bicheiras*.

A diminuição das falhas de concretagem reduz os custos da construção, com materiais e mão de obra necessária para efetuar os reparos e também redução do tempo de entrega, pois o

trabalho pode ser realizado de forma contínua, sem regredir no plano de execução do projeto. Não foi verificada a existência de falhas de concretagem com o uso CAA nesta obra.

Com o treinamento em conjunto da empresa de serviço de concretagem, da construtora, laboratório e das equipes envolvidas, pôde-se aperfeiçoar a aplicação do concreto, aprimorando os métodos de recebimento e ensaio dos mesmos, melhorando o controle de qualidade do produto e aplicando o conhecimento técnico-prático adquirido. Tornou-se possível executar vários elementos em 100% de concreto auto adensável, dos quais muitos apresentariam grandes dificuldades caso fossem executados em concreto convencional.

O concreto auto adensável apresenta excepcional rapidez de concretagem e diminuição de ruídos, se comparado com o concreto convencional, sendo essa uma importante vantagem para as obras de grande porte nos dias de hoje.

5. REFERÊNCIAS

IBRACON - Instituto Brasileiro do Concreto. **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. Ed. G. C. Isaia - São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. 1600 p.

ABNT NBR 15823-1:2010 **- Concreto auto-adensável Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco**

ABNT NBR 14931:2004 - **Execução de estruturas de concreto – Procedimento**

Bernardo Fonseca Tutikian & Denise Carpena Dal Molin - **Concreto Auto Adensável** - Ed. PINI, São Paulo, 2008

Neville, A. M. - **Tecnologia do Concreto /** A.M. Neville, J. J. Brooks :tradução: Ruy Aberto Cremonini. – 2. ed. – Porto Alegre : Bookman, 2013.