

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O USO DE CONCRETO CONVENCIONAL E AUTOADENSÁVEL EM PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO ARMADO

Carolina Baretta¹

Angela Zamboni Piovesan²

Resumo

O desenvolvimento de novas técnicas e métodos de execução tem se mostrado favorável à evolução da construção civil. A fabricação de peças pré-moldadas representa a industrialização do setor, conferindo agilidade e maior controle de qualidade na execução de obras. Ainda, a falta de conhecimento sobre o concreto autoadensável por parte dos profissionais da construção civil torna muito mais prática a utilização de concreto convencional (CCV) para a execução de obras, pois este apresenta técnicas, características e formas de dosagem conhecidas. Aborda-se neste trabalho a aplicação do concreto autoadensável (CAA) na fabricação de peças pré-moldadas de concreto armado. O estudo foi baseado na análise dos dados de uma unidade fabril do segmento de pré-fabricado, do ciclo produtivo dos elementos estruturais em concreto armado, empregando tanto o CAA quanto o CCV na produção. Determinaram-se a viabilidade econômica e a técnica do CAA, separando custos em insumos e mão de obra, obtendo o custo global para cada metro cúbico de concreto e listando vantagens e desvantagens dos concretos no ciclo produtivo da empresa. Observou-se que, apesar de ter apresentado redução no custo de produção, o CAA não foi economicamente viável neste estudo, uma vez que este apresentou alto consumo e custo de materiais em relação ao CCV. Porém, levando-se em conta as demais vantagens não quantitativas, como a qualidade do ambiente de trabalho e a velocidade de execução das peças com ótimo acabamento, entre outros, sua viabilidade técnica e econômica ficou evidenciada.

Palavras-chave: Concreto autoadensável. Peças pré-fabricadas. Viabilidade econômica e técnica.

¹ Graduanda no Curso de Engenharia Civil da Universidade do Oeste de Santa Catarina; carollbaretta@gmail.com

² Mestre em Construção Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; angela.piovesan@unoesc.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A construção civil caminha na direção da industrialização e modernização do setor, e junto à evolução ininterrupta da tecnologia existe a oportunidade de se criarem novos métodos e técnicas de execução, procurando alcançar maior qualidade, controle e agilidade na execução de obras de engenharia. A construção civil tem trilhado para o processo de industrialização por meio da pré-fabricação.

A busca pelo aperfeiçoamento e pela melhor utilização de materiais, como o concreto utilizado em construções, é essencial para a evolução do setor, e o concreto autoadensável parece ser um material com potencial suficiente para ocupar um lugar de destaque nas obras de engenharia.

O concreto autoadensável (CAA) vem sendo descrito por muitos pesquisadores como uma grande revolução ocorrida na tecnologia do concreto. Sua utilização ainda é pequena se comparada às inúmeras vantagens que o material permite obter sobre a construção civil.

Diante do grande avanço do sistema construtivo de pré-fabricados, que se apresenta como o caminho para o processo de industrialização da construção civil, mediante modernos conceitos de racionalização e controle de qualidade, o CAA tem emergido de um objeto de estudo teórico para se tornar muito popular nesse ramo (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008).

A utilização de concreto autoadensável, que oferece alta trabalhabilidade e fluidez, não necessitando de adensamento por vibração e evitando o aprisionamento de ar em excesso na mistura, representa uma evolução na tecnologia do concreto.

Pelo grande interesse de fábricas de peças pré-moldadas na utilização de concreto autoadensável, este trabalho buscou evidenciar a diferença na utilização de concreto convencional e de concreto autoadensável na execução de peças pré-fabricadas. A análise englobou definições, vantagens, materiais componentes, propriedades no estado fresco e endurecido, qualidade final do produto e viabilidade técnico-econômica da aplicação do CAA.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O CAA pode ser definido como um concreto que tem a capacidade de se espalhar de forma homogênea somente por meio de seu peso próprio, sem que haja qualquer energia de vibração adicional, e consegue-se fazer isso sem incorporar ar (GRUNEWALD, 2004).

De acordo com Manuel (2005), um concreto deve apresentar as três propriedades seguintes para que seja caracterizado como autoadensável:

- a) habilidade de fluir: preencher completamente todas as áreas e cantos da fôrma em que for lançado apenas sob a ação de seu peso próprio, sem que nenhuma vibra-

- ção intencional externa seja exercida, mesmo em situações em que o espaçamento entre barras de aço seja muito estreito;
- b) habilidade passante: passar através de áreas congestionadas com armaduras, sem separação dos seus constituintes e sem bloqueio;
 - c) resistência à segregação: reter o agregado gráudo da mistura em suspensão, mantendo a mistura sempre como material homogêneo.
 - f) permite a concretagem de peças com sessões reduzidas;
 - g) elimina o barulho da vibração, o que é muito importante em grandes centros urbanos e em concretagens noturnas;
 - h) torna o local mais seguro em razão da diminuição do número de trabalhadores;
 - i) permite obter um ganho ecológico porque o CAA utiliza em sua composição altos teores de resíduos industriais;
 - j) torna possível a eliminação das operações de alisamento de superfícies horizontais.

O CAA é descrito como uma das grandes revoluções ocorridas na tecnologia do concreto para a construção nas últimas décadas, e por meio de sua utilização é possível obter vários ganhos diretos e indiretos, entre os quais, Tutikian e Dal Molin (2008, p. 10) citam:

- a) acelera a construção, já que seu lançamento é muito rápido e dispensa o adensamento;
- b) reduz a mão de obra no canteiro porque elimina a vibração e facilita o espalhamento e o nivelamento do concreto;
- c) melhora o acabamento final da superfície;
- d) pode aumentar a durabilidade por ser mais fácil de adensar e evita, assim, que ocorram falhas de concretagem e grandes vazios resultantes da má vibração;
- e) permite grande liberdade de formas e dimensões; o CAA preenche fôrmas curvas, esbeltas, com altas taxas de armadura e de difícil acesso;

O CAA permite concretagens com tempos mais curtos, melhor aparência estética da superfície de concreto, além de apresentar melhores características no estado endurecido (GRUNEWALD, 2004).

2.1 CONCRETO AUTOADENSÁVEL VERSUS CONCRETO CONVENCIONAL

De acordo com Manuel (2005), a grande diferença entre o concreto convencional (CCV) e o concreto autoadensável (CAA), além da concepção de ambos, é que o primeiro está envolvido durante o processo de concretagem, por fatores que podem comprometer a sua qualidade como produto final.

Segundo Manuel (2005), o lançamento do concreto é a atividade do processo de produção que mais muda quando se usa CAA. Uma vez no ponto de aplicação, a operação final de colocação e lançamento do CAA requer muito menos habilidade

ou mão de obra para se obter um produto final uniforme e denso, comparado com o concreto tradicional.

Com relações água/cimento (a/c) similares, a resistência do CAA é, pelo menos, igual à do CCV e apresenta a mesma evolução ao longo do tempo para uma mesma classe de resistência. Quando uma baixa relação a/c é usada no CAA, a sua resistência à compressão geralmente se situa acima dos 40 MPa e pode chegar aos 100 MPa. A resistência à tração é também similar à da mesma classe de resistência de um CCV, assim como a retração por secagem (GOODIER, 2003).

O processo de vibração do concreto convencional provoca atrasos e custos adicionais, além de ser uma fonte de sérios problemas de saúde para os operários das obras e para os habitantes de zonas adjacentes aos canteiros de obra (MANUEL, 2005).

De acordo com Manuel (2005), a maioria dos materiais para produzir o CCV pode ser usada na produção do CAA, apesar de haver diferenças significativas na obtenção do CAA comparada com a produção de CCV.

2.2 VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E PRODUTIVIDADE DO CAA EM PRÉ-MOLDADOS

Tutikian e Dal Molin (2008) afirmam que o estudo da utilização do CAA em obras correntes ou empresas de pré-moldados é de extrema relevância para o mercado nacional.

A utilização do CAA pode representar uma redução direta no custo final da obra, por apresentar um custo global (insumos mais mão de obra) menor que o CCV e por permitir uma série de outras vantagens, como eliminação de reparos na estrutura, aumento da velocidade de concretagem, redução de ruído (permitindo concretagens noturnas) e diminuição do número de trabalhadores, entre outras.

Para implantar o CAA em indústrias de pré-moldados, pode ser necessário que se implante um novo silo para armazenar o material fino responsável pela resistência à segregação do CAA – que não é usado para o CCV. Porém, o ganho proporcionado pela tecnologia em ambientes com processos de concretagem controlados e rotineiros tende a ser maior (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008).

Observa-se, também, que esse concreto possui tecnologia e qualidade superiores às do CCV, ou seja, ao utilizá-lo, a empresa aumentará a qualidade de sua estrutura. O CAA aumenta a durabilidade e a estética, elimina reparos posteriores e falhas de concretagem e, conseqüentemente, diminui o custo final da obra (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008).

A produtividade pode ser definida como a quantidade do trabalho realizado em uma unidade de tempo, normalmente em horas, e é basicamente caracterizada como a relação entre os resultados obtidos e os recursos utilizados (AZEVEDO, 2010).

A boa utilização do horário disponível de trabalho é fundamental para se alcançar

umentos de produtividade. Devem-se evitar as paradas que quebram o ritmo da produção, bem como as paradas desnecessárias. A produtividade é, muitas vezes, medida por pessoa, mas em muitas situações em que os custos com pessoas são uma porcentagem reduzida dos custos totais, precisa-se levar em conta os outros fatores necessários para produzir os resultados pretendidos (AZEVEDO, 2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi acompanhada a fabricação de peças pré-moldadas (Tabela 1), analisando todas as etapas de produção, desde a armação até o acabamento final, com o objetivo de efetuar análises comparativas entre o uso de CAA e CCV nas confecções.

Tabela 1 – Peças analisadas

Elemento	Identificação da empresa	Dimensões (m)	Volume (m ³)
Coluna CCV	C12	0,20x0,40x7,00	0,56
Coluna CAA	C12	0,20x0,40x7,00	0,56

Fonte: os autores.

Quando se faz a comparação do emprego de dois tipos diferentes de concreto, a etapa fundamental para se analisar é a concretagem, que engloba a maneira com o qual se produzem, transportam-se e lançam-se os concretos. Na planta industrial da empresa o plano de concretagem compreende o transporte de materiais até a central

de concreto, pesagem automatizada de materiais, produção do concreto, transporte até às fôrmas por meio de silo aéreo em ponte rolante, lançamento e adensamento quando necessário.

Para definir o custo por metro cúbico de CAA e CCV, discriminaram-se os materiais utilizados e suas quantidades, mediante traços disponibilizados (Tabelas 2 e 3). Relacionados os materiais necessários para a confecção de 1,00 m³ de CCV e CAA, obteve-se o preço individual de cada insumo, chegando, assim, ao preço total e final de 1,00 m³ para cada tipo de concreto.

Tabela 2 – Traço de CCV

Resistência esperada (28 dias)	30 MPa
Slump	12 cm (+/- 2 cm)
Material	Quantidade
CPV-ARI	275 Kg/m ³
Areia média	896,7 Kg/m ³
Brita 0	199,6 Kg/m ³
Brita 1	798,5 Kg/m ³
Água	178,8 Kg/m ³
Sikament PF 171	1,65 Kg/m ³

Fonte: Baretta Pré-moldados (2015).

Tabela 3 – Traço de CAA

Resistência esperada (28 dias)	30 MPa
Slump Flow	65 cm
Material	Quantidade
CPV-ARI	495 Kg/m ³
Areia média	561 Kg/m ³
Areia fina	422 Kg/m ³
Brita 0	879 Kg/m ³
Água	170 Kg/m ³
TecFlow 30N	4,86 Kg/m ³

Fonte: Baretta Pré-moldados (2015).

Observou-se a quantidade de operários necessários à execução de um

mesmo serviço, o tempo de execução e o custo do funcionário, relacionando os dados com as dimensões da peça concretada, o tipo de concreto e a quantidade de concreto produzido.

Com o custo de mão de obra determinado para cada tipo de peça observada com ambos os concretos, fez-se uma média do custo global de mão de obra por m³ para o CAA e para o CCV, tendo dados suficientes para fazer comparações.

A Tabela 4 apresenta os valores relativos aos salários dos funcionários, que serviram de base para quantificar o custo final de mão de obra:

Tabela 4 – Custo funcionários

Função	Salário (R\$)	L.S* (125%)	Custo (R\$/Mês)	Custo (R\$/Dia)	Custo (R\$/h)
Servente	1100,0	1375,0	2475,0	112,5	12,5
Profissional	2300,0	2875,5	5175,5	235,2	26,1

Fonte: Baretta Pré-moldados (2015).

* Nota: L.S. = Leis sociais.

Para determinar o valor do custo adicional da estucagem por metro cúbico, observaram-se a quantidade de funcionários para realizar o serviço em cada elemento, o salário dos funcionários e o tempo necessário para a realização do serviço, relacionando com as dimensões do elemento em questão. Por fim, fez-se uma média do custo global de mão de obra por m³ para a realização da estucagem de peças concretadas com CCV.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os concretos utilizados foram dosados em central fixa automatizada com capacidade de 300 L que abriga quatro baias de materiais (agregados e cimento) para a confecção dos traços. O operador da central faz a mistura a partir do traço para um saco de cimento (50 Kg), portanto, os traços tiveram de ser adaptados para essa dosagem, concluindo-se quantas betonadas seriam necessárias para preencher as peças.

Apesar de algumas dificuldades na confecção do CAA, por não ser um concreto usualmente conhecido pelos funcionários, durante o acompanhamento e a coleta de dados não se levou em conta o tempo necessário para a separação dos materiais, por ser central automatizada e pelo fato de que, depois de empregados o CAA e o CCV, estes tomariam do mesmo tempo de separação de materiais e mistura. Portanto, apenas se levou em consideração a quantidade de massadas por traço para que se pudesse preencher as fôrmas das peças, e o tempo necessário para a confecção de cada uma na central usualmente. A Fotografia 1 representa a concretagem da peça com concreto convencional:

Fotografia 1 – Concretagem de concreto convencional



Fonte: os autores.

A confecção do concreto autoadensável (Fotografia 2), por não ser usual, teve que ser planejada com antecedência, envolvendo os funcionários na preparação, e já os tornando mais conhecedores das características peculiares do CAA. Teve-se dificuldade na etapa de lançamento da concretagem, em razão de intervalos imprevistos, que acarretou problemas de acabamento das peças e diferença nos tempos de pega do concreto. Para realizar o preenchimento da fôrma com o CAA, foi necessária a execução de seis massadas em razão do alto teor de cimento do traço. Por ser a primeira vez que se utilizava o CAA, toda a atenção dos funcionários ficou voltada à central de concreto para garantir que este fosse confeccionado com cuidado. Diferentemente da concretagem do CCV, em que o operador da central realizava as massadas enquanto a peça era concretada, na logística do CAA, enquanto este era confeccionado, a concretagem estava parada, resultando em intervalos grandes entre o lançamento de uma betonada e outra. Intervalos estes que não ocorreriam se

a empresa já estivesse com a execução do CAA empregada no seu dia a dia.

Em razão do intervalo e do alto teor de cimento do traço, pôde-se visualizar após a desfôrma uma emenda na peça (Fotografia 2), que caracterizou o despejo e o preenchimento da fôrma em duas etapas. A emenda justifica-se pelo fato de que o alto teor de cimento fez com que durante o intervalo o concreto já lançado na fôrma criasse uma fina película endurecida na superfície, caracterizando um rápido tempo de pega. Essa película endurecida fez com que o concreto despejado em cima não se misturasse com o já depositado; falha que não ocorreria em uma concretagem diária, independente do traço e do tipo de concreto.

Fotografia 2 – Concretagem de concreto autoadensável

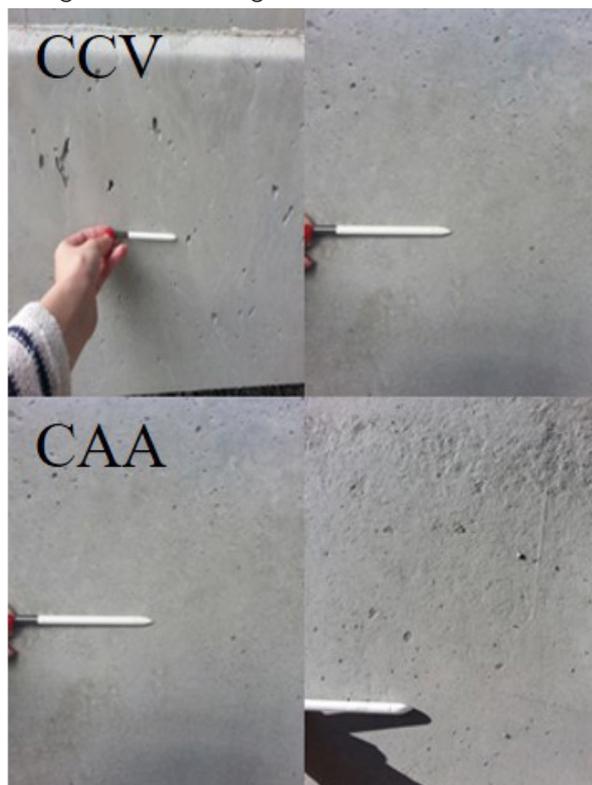


Fonte: os autores.

O emprego do CAA teve também como objetivo proporcionar um melhor acabamento das peças concretadas sem que houvesse necessidade de executar a estucagem. Porém, com os problemas ocorridos durante a

concretagem que resultaram em uma peça com defeito significativo, tornou-se necessária a melhoria do acabamento. A Fotografia 3 apresenta as peças pós-desfôrma e pós-estucagem de CCV e CAA, respectivamente. A segunda imagem do CAA representa a emenda após a estucagem.

Fotografia 3 – Estucagem



Fonte: os autores.

A fim de determinar a viabilidade econômica da substituição do CCV, quantificaram-se os materiais utilizados nos concretos para as confecções das peças, o custo unitário destes e o custo final, representados nas Tabelas 5 e 6. Custearam-se os materiais, tendo como referência 1 m³ de concreto.

Tabela 5 – Custo por metro cúbico de CCV

Material	Consumo (Kg/m ³)	Equiv.	Custo unit. (R\$)	Custo (R\$/m ³)
CPV-ARI	275	5,5 sc	27,5	151,25
Brita 0	199,6	0,13 m ³	47,5	6,13
Brita 1	798,5	0,53 m ³	46,5	24,41
Areia média	896,7	0,61 m ³	92,5	56,43
Água	178,8	0,18 m ³	8,51	1,53
Sika-ment PF	1,65	1,39 L	3,65	5,07
Total				244,82

Fonte: os autores.

Tabela 6 – Custo por metro cúbico de CAA

Material	Consumo (Kg/m ³)	Equiv.	Custo unit. (R\$)	Custo (R\$/m ³)
CPV-ARI	490	9,9 sc	27,5	272,25
Brita 0	879	0,57 m ³	47,5	27,08
Areia média	561	0,38 m ³	95,5	35,15
Areia fina	422	0,43 m ³	120	51,6
Água	170	0,17 m ³	5,51	0,94
TecFlow 30N	4,86	3,6 L	8,05	28,98
Total				415,99

Fonte: os autores.

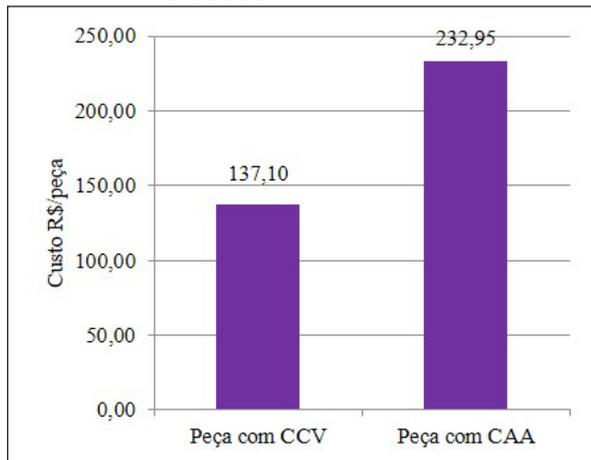
O custo total de material utilizado para a confecção do CCV foi de 244,82 R\$/m³, e o do CAA foi de 415,99 R\$/m³, sendo o CAA 41,15% mais caro do que o CCV.

É fundamental observar a importância dos aditivos nos concretos. Enquanto que no CCV o aditivo representou 2,07% do custo total, no CAA o superplastificante somou-se como 6,97% do custo total do concreto, representando sua alta dosagem.

Outro insumo significativo foi o CPV-ARI, que quando comparado aumenta em custo do CCV para o CAA em 44,44%.

Para determinar o custo individual de concreto das peças, uma com CAA e outra com CCV, tomou-se como base o resultado do custo dos concretos para 1,00 m³ e o volume total das peças moldadas. O Gráfico 1 apresenta a comparação do custo final das peças com ambos os concretos.

Gráfico 1 – Custo de concreto das peças moldadas



Fonte: os autores.

O custo de concreto da peça com CAA teve um aumento de preço de 70%.

Para determinar o custo de mão de obra na execução de cada uma das peças, em CAA e CCV, tomaram-se como base os serviços com suas durações discriminadas, o número de funcionários envolvidos no processo e o valor-base do salário por hora. Os custos totais de mão de obra por peça observada estão representados nas Tabelas 7 e 8:

Tabela 7 – Custo de mão de obra da peça moldada em CCV

Funcionário	Serviço	Salário (R\$/h)	Horas	Custo (R\$)
Servente 1	Concreto	12,5	0,250	3,13
Profissional 1	Concreta-gem	26,14	0,039	1,02
Servente 2	Concreta-gem	12,5	0,039	0,49
Servente 3	Concreta-gem	12,5	0,039	0,49
Servente 4	Concreta-gem	12,5	0,039	0,49
Servente 2	Vibração	12,5	0,120	1,50
Servente 3	Nivelamento	12,5	0,064	0,80
Servente 4	Nivelamento	12,5	0,064	0,80
Servente 1	Moldagem de CP's	12,5	0,090	1,13
Total			0,74	9,83

Fonte: os autores.

Tabela 8 – Custo de mão de obra da peça moldada em CAA

Funcionário	Serviço	Salário (R\$/h)	Horas	Custo (R\$)
Servente 1	Concreto	12,5	0,500	6,25
Profissional 1	Concreta-gem	26,14	0,025	0,65
Servente 2	Concreta-gem	12,5	0,025	0,31
Servente 2	Nivelamento	12,5	0,018	0,23
Servente 1	Moldagem de CP's	12,5	0,007	0,08
Total			0,57	7,53

Fonte: os autores.

Mostra-se que o custo total de mão de obra na execução da peça com concreto autoadensável é 30,54% menor se comparado com o custo com concreto convencional.

Lembrando-se que a execução do concreto na central automatizada é a cada 50 Kg de cimento, conclui-se que se a empresa fizer um estudo melhor do traço de concreto autoadensável, reduzindo o teor de

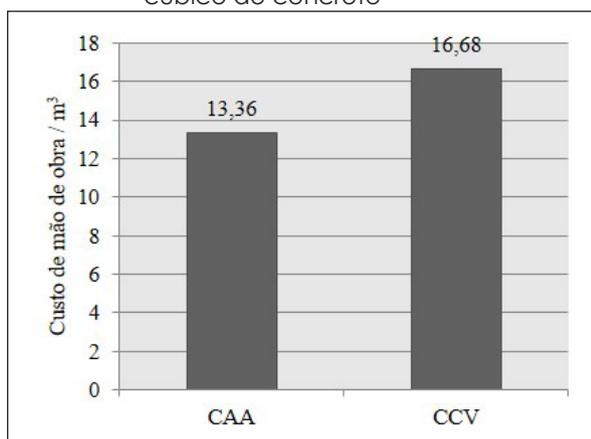
cimento, o custo de mão de obra reduziria muito mais. Quanto menos cimento no traço, menor a quantidade de massadas a serem feitas e, conseqüentemente, menores o tempo e o custo de mão de obra.

Para quantificar o custo da mão de obra a cada 1,00 m³ de CAA e CCV, tomaram-se como base os resultados de custo de mão de obra por peça.

É importante a observação de que o tempo de execução e custo de mão de obra da moldagem de CP's independe do volume da peça. O processo de moldagem de quatro CP's para ambos os concretos é a mesma a cada peça confeccionada, sem levar em conta seu volume. Portanto, somou-se o custo de moldagem de corpos de prova de cada peça ao resultado final de mão de obra por metro cúbico.

Para fins de comparação, os custos de mão de obra a cada m³ de CCV e CAA estão representados no Gráfico 2:

Gráfico 2 – Custo de mão de obra por metro cúbico de concreto



Fonte: os autores.

O custo de mão de obra para o concreto autoadensável é 24,85% menor quando comparado ao CCV.

Conclui-se que, em razão da principal característica do CAA, a sua fluidez, podem-se reduzir o tempo de concretagem, a quantidade de funcionários envolvidos na confecção das peças pré-moldadas e conseqüentemente o custo de mão de obra.

O número de funcionários envolvidos nesse serviço para cada peça é apenas de um servente, com custo de 12,50 R\$/hora. Após a desfôrma, analisou-se a execução do serviço com o intuito de estimar seu valor agregado à peça e seu valor por metro cúbico.

O valor da mão de obra de estucagem por tipo de peça está demonstrado na Tabela 9:

Tabela 9 – Custo de estucagem por peça

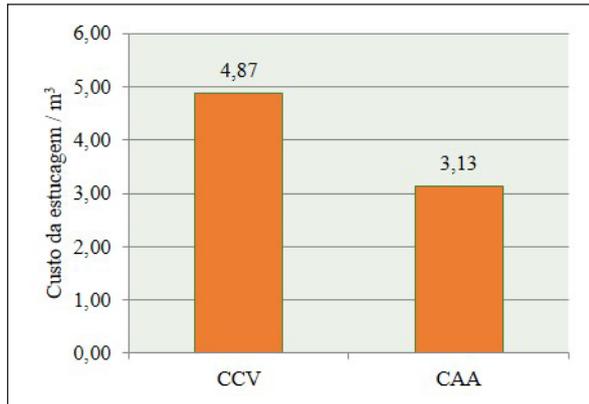
Peça	Funcionário	Salário (R\$/h)	Horas	Custo (R\$)
CCV	Servente	12,50	0,218	2,73
CAA	Servente	12,50	0,140	1,75

Fonte: os autores.

A estucagem da peça em CAA tem o custo de mão de obra reduzido em 56%.

Para determinar o custo de mão de obra de estucagem por m³ de ambos os concretos, fez-se a divisão do custo estimado pelo volume das peças estudadas. O resultado está representado no Gráfico 3:

Gráfico 3 – Custo de estucagem por metro cúbico



Fonte: os autores.

A vibração no adensamento do concreto gera um custo adicional na confecção de peças pré-moldadas. Multiplicou-se o valor do tempo necessário à execução da vibração pela potência do aparelho vibrador tipo mangote da Bosch de 1400 watts. Determinando-se esse resultado, multiplicou-se seu valor pelo custo do kWh cobrado pela concessionária (Celesc), que possui um valor de R\$ 0,484 kWh para indústrias.

Os custos totais da energia elétrica da vibração para a peça e por metro cúbico estão representados na Tabela 10:

Tabela 10 – Custo de energia elétrica para a vibração do CCV

Peça	Potência aparelho (kW)	Tempo (h)	R\$/kWh	Custo (R\$)	Volume (m³)	R\$/m³
CCV	1,40	0,12	0,484	0,081	0,56	0,14

Fonte: os autores.

Deve-se levar em consideração os custos que a empresa Baretta Pré-moldados possui com a manutenção do vibrador tipo mangote. A média de custo de reparos

por mês é de R\$ 16,00. Estima-se que a quantidade de concreto convencional produzido mensalmente pela empresa é de 113,00 m³. Portanto, o custo de manutenção do vibrador é de R\$ 0,14/m³. Ainda, leva-se em consideração que o CAA não possui custo com a vibração.

As Tabelas 11 e 12 resumem os custos unitários dos serviços e insumos que compõem o custo global do CAA e do CCV e suas respectivas porcentagens representativas do valor geral. A Tabela 11 apresenta os resultados finais referentes ao custo da peça de CCV:

Tabela 11 – Custo global da peça de CCV

CCV	Custo (R\$/peça)	%
Material	137,10	91,44
Mão de obra - Concretagem	9,83	6,56
Mão de obra - Estucagem	2,73	1,82
Energia elétrica e manutenção	0,28	0,19
Total	149,94	100

Fonte: os autores.

Na Tabela 12 pode-se analisar o custo global da peça concretada com CAA:

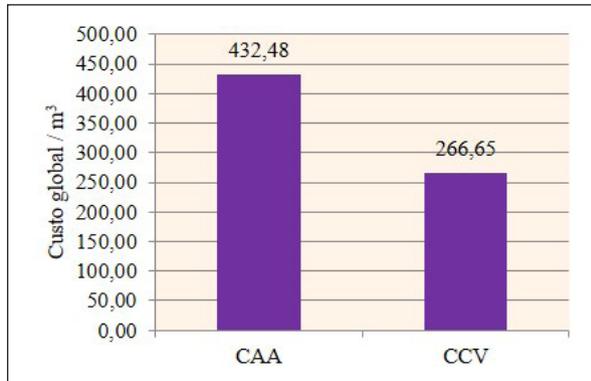
Tabela 12 – Custo global da peça de CAA

CAA	Custo (R\$/peça)	%
Material	232,95	96,17
Mão de obra - Concretagem	7,53	3,11
Mão de obra - Estucagem	1,75	0,72
Total	242,23	100

Fonte: os autores.

A partir desses resultados pôde-se comparar o custo global por m³ de ambos os concretos empregados na empresa Baretta Pré-moldados. A comparação está representada no Gráfico 4:

Gráfico 4 – Custo global por metro cúbico de CAA e CCV



Fonte: os autores.

Conclui-se, a partir dos resultados, que contrariando a teoria o CAA ficou em cerca de 62,19% mais caro que o CCV já utilizado pela empresa. O valor excessivo é justificado particularmente pela alta dosagem de materiais no traço, indicando a necessidade de novos testes para nova dosagem e mudança de estatísticas apresentadas neste trabalho.

Nota-se que, excluindo-se os materiais, o restante do processo para a peça de CAA se soma em 3,83%, bastante inferior ao restante de processos da peça de CCV, que representa 8,57%.

Os corpos de prova moldados para ambos os concretos foram enviados ao Laboratório de Materiais da Unoesc para a obtenção de resultados de resistência

à compressão. Os valores podem ser observados na Tabela 13:

Tabela 13 – Resistência à compressão

	CAA (MPa)	CCV (MPa)
CP 01	45,6	32,2
CP 02	44,8	33,5
CP 03	45,2	32,5
CP 04	45,4	33,1

Fonte: os autores.

Os resultados de resistência à compressão estão de acordo com o esperado em cada traço e atendendo às exigências da empresa, sendo superiores a 30 MPa. Por meio dos resultados se pode concluir que a resistência média à compressão do CAA, de 45,2 MPa, ficou 50,83% acima do valor mínimo esperado, indicando que novos estudos para a redosagem do traço podem vir a reduzir a resistência em excesso e consequentemente o custo dos materiais envolvidos.

5 CONCLUSÃO

A avaliação da viabilidade econômica da substituição do CCV para o CAA na Baretta Pré-moldados demonstrou que o custo unitário de insumos na confecção dos concretos foi 70% maior para o concreto autoadensável. Contudo, na análise do custo de produção o concreto convencional ficou 30,31% mais oneroso, justificado pela redução de mão de obra e de vibração em produção com concreto autoadensável.

Modificações na produção de redução de mão de obra em razão da eliminação de

vibração e minimização de processos como espalhamento de concreto, desempenho e estucagem resultaram em uma redução de mão de obra do CCV para o CAA.

O CAA agrega a vantagem de possibilitar um aumento na capacidade produtiva da empresa, apenas pela simples mudança no concreto. Isso se justifica pela maior agilidade no processo de moldagem e também pela possibilidade de permitir um maior nível de organização na frequência produtiva. Agregou-se, ainda, uma melhoria no acabamento final da peça, reduzindo o aparecimento de bolhas nas faces e a redução de desgaste em fôrmas e equipamentos de mistura de concreto, diminuindo custos de manutenções periódicas.

Quantificou-se a necessidade de energia elétrica para a etapa de vibração e se concluiu que a energia elétrica representa 0,19% do custo global de concreto convencional na peça moldada, sendo esse valor desconsiderado para o CAA.

Apesar de os resultados computados não representarem uma viabilidade econômica satisfatória, o CAA continua sendo um material mais vantajoso para a confecção de peças pré-moldadas. A praticidade de produção que este proporciona justifica o anseio de realizar novas pesquisas e novos testes com o concreto, aprimorando os resultados obtidos e possibilitando à empresa o emprego de um material econômico que reduza ou releve mão de obra, a qual é escassa no campo de pré-fabricados.

A substituição do CCV pelo CAA não ocorre apenas pela substituição de materiais, mas exige uma reestruturação na planta industrial, que quando executada representará um grande passo de avanço tecnológico para a empresa.

Conclui-se, por fim, que para alcançar excelência na produção do concreto autoadensável em peças pré-fabricadas, o processo produtivo deve estar em um constante aprimoramento. Obviamente, cada indústria tem seu grau de desenvolvimento, porém, em um quadro geral é necessário grande investimento na qualificação e aprimoramento dos profissionais envolvidos e dos materiais utilizados, além de melhorias nos procedimentos de execução e inovações tecnológicas.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, Márcio Lenin Medeiros. **Produtividade na Construção Civil**. 2010. Disponível em: www.ecivilnet.com/artigos/produtividade. Disponível em: 20 mar. 2015.
- BARETTA PRÉ-MOLDADOS. [S. l.: s. n.], 2015. Documentos internos da empresa.
- GOODIER, Chris I. Development of self-compacting concrete. *In: Institutions of Civil Engineers. Structures and Buildings 156. Proceedings [...]*. [S. l.], 2003. p. 405-414.
- GRUNEWALD, Steffen. **Performance-based design of self-compacting fibre reinforced concrete**. 2004. 232 p. Thesis (Doctoral) – Delft University of Technology, Netherlands, 2004.

MANUEL, Paulo Jorge Miguel. **Estudo da Influência do Teor de Argamassa no Desempenho de Concretos Auto-Adensáveis**. 2005. 167 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; DAL MOLIN, Denise Carpena. **Concreto auto adensável**. São Paulo: Pini, 2008. 140 p.