



Avaliação do desempenho de aditivos redutores de água para uso em centrais de concreto: Estudo de caso

Evaluation of the performance of water reducing admixtures used in concrete ready mix plants: Case study

WEIDMANN, Denis Fernandes (1); OLIVEIRA, Alexandre Lima (2); SOUZA, Joelcio (3); PRUDÊNCIO JR, Luiz Roberto (4), BIANCHINI, Mauricio (5)

(1) Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Eng. Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

denisfw@yahoo.com.br

(2) Professor Efetivo do Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina.

alexandre@cefetsc.edu.br

(3) Coordenador Técnico da Região Sul - Engemix S.A.

joelcio.souza@engemix.com.br

(4) Professor Titular do Dep. Eng. Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

ecv1lrp@ecv.ufsc.br

(5) Coordenador Técnico da Região Sul - Engemix S.A

Sc 401 km 5,5 S/N – CEP: 88032-000 – Florianópolis -SC

Resumo

Atualmente as centrais dosadoras de concreto têm utilizado correntemente aditivos redutores de água comercialmente conhecidos como polifuncionais. A definição dos fornecedores e dos teores de cada aditivo tem sido feita baseando-se exclusivamente em critérios comerciais ou em resultados de estudos muitas vezes realizados pelos próprios fabricantes em laboratórios próprios ou independentes ou ainda em estudos conjuntos com o pessoal técnico dos laboratórios das centrais. Além disso, os critérios utilizados para a avaliação do desempenho desses aditivos geralmente não contemplam características específicas dos concretos dosados em central. O presente trabalho relata um programa de testes comparativos de desempenho de cinco aditivos polifuncionais feito por uma empresa produtora de concreto dosado em central em parceria com o GTec da Universidade Federal de Santa Catarina objetivando fornecer subsídios para a empresa na escolha destes produtos e, conseqüentemente, dos fornecedores. A metodologia utilizada baseia-se primeiramente em estudos de argamassa para obtenção dos melhores teores para cada aditivo levando em conta a fluidez inicial, perda de fluidez ao longo do tempo, massa específica no estado fresco, tempos de início de pega e resistência à compressão aos 7 e 28 dias. Com esses teores, serão produzidos concretos em laboratório destinados à construção de curvas de dosagem para permitir comparações de custos dos materiais para diversos níveis de resistência característica à compressão. Finalmente, serão realizados testes em escala real de produção para ratificar as conclusões obtidas nas fases anteriores. Os resultados obtidos na primeira fase do estudo, aqui apresentados, mostram diferenças marcantes no desempenho dos aditivos testados principalmente no que se refere ao tempo de início de pega e consistência das misturas, indicando o grande potencial de redução de custo que a empresa pode ter ao utilizar a metodologia proposta na escolha do tipo e teor de aditivo a ser empregado nas suas centrais.

Palavra-Chave: concreto usinado e aditivos.

Abstract

Ready mix concrete plants are currently using water reducing admixtures commercially known as "polifuncionais". The definition of producers and admixtures content have been done based exclusively on commercial criteria or on the results of studies carried out by the admixtures producers in their own laboratories. Sometimes, results of studies undertaken in independent laboratories or from joint studies with the technical personal of the ready mix plants are used as well. Moreover, the criteria used in the tests generally don't take into account specific characteristics of ready mix concrete. The present work reports an



experimental program aiming at comparing the performance of five admixtures in order to support the choice of the admixture brand and type to be used by a company that produces ready mix concrete. This study was jointly carried out by this company and the GTec group of Federal University of Santa Catarina. The methodology adopted in the study is based initially on mortar tests used to select the best admixture content. These tests evaluate the initial flow and loss of flow with time, specific gravity on fresh state, initial setting time and compressive strength at 7 and 28 days. With this best admixture content, concrete mixtures are produced to obtain mix design curves necessary to allow comparisons of materials cost for different compressive strength levels. Finally, real scale tests are carried out to confirm the conclusions obtained in the earlier studies. The results obtained in the first phase of the study, presented in this paper, show significant differences in the performance of the tested admixtures mainly in the initial setting time and the flow of the mixtures, indicating a great potential of cost reduction of concrete when an admixture type and content is chosen by the proposed methodology.

Keywords: plasticizer, admixture, concrete.

1 Introdução

A NBR 11768:1992 define os aditivos como “produtos que, adicionados em pequena quantidade a concretos de cimento portland, modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições”.

De acordo com o Comitê 212 do ACI (ACI 212.3R-91), algumas das principais razões para a utilização de aditivos em concreto são as modificações obtidas no estado fresco, tais como maior trabalhabilidade sem alteração da quantidade de água ou menor quantidade de água para uma determinada trabalhabilidade, menor ou maior tempo de início de pega, menor segregação, melhor bombeabilidade, entre outras.

Os aditivos atualmente mais empregados em centrais dosadoras de concreto são os plastificantes e principalmente os conhecidos comercialmente como polifuncionais. O uso desse tipo de aditivo justifica-se principalmente pela redução do consumo de água do concreto, para uma dada consistência e, por conseguinte, do cimento. Para a hidratação do cimento portland se completar são necessários aproximadamente 30% em massa de água (JOLICOEUR et al, 2003). Toda a água que excede esse teor resultará em correspondente porosidade na matriz do concreto. Portanto, a importância do uso de aditivos redutores de água torna-se evidente, uma vez que permite o alcance da trabalhabilidade desejada, sem alterar a porosidade da matriz do concreto pelo excesso de água.

Os aditivos polifuncionais, que não possuem uma normalização específica no Brasil, têm uma base química mista de lignossulfonato e naftaleno sulfonato, podendo conter substâncias deaerantes e/ou aceleradoras. De acordo com sua formulação, podem ser empregados em dosagens que variam de 0,5 a 1,2% da massa do cimento.

É conhecido o poder de plastificação das bases químicas utilizadas creditado principalmente à adsorção de suas moléculas nas superfícies dos grãos de cimento, conferindo a eles uma carga elétrica negativa, pela presença dos grupos SO_3^- . Esta carga gera uma repulsão eletrostática entre partículas vizinhas de cimento, promovendo defloculação e dispersão destas partículas (JOLICOEUR e SIMARD, 1998; COLLEPARDI, S. et al, 1999; COLLEPARDI, M., 2003). Quando as partículas de cimento se encontram em estado floculado, existem partes que, por estarem em contato, não estão disponíveis para serem hidratadas, além de que parte da água de mistura fica



aprisionada no interior desses flocos. Como resultado da ação dispersiva e defloculante do aditivo plastificante, se tem maior superfície livre de cimento e maior quantidade de água disponível para hidratação (AÏTCIN, 1992 apud SPONHOLZ, 1998; RAMACHANDRAN et al, 1998). Além disso, substâncias tensoativas reduzem a tensão superficial da água, contribuindo para a fluidez da mistura (AÏTCIN et al, 1994; RAMACHANDRAN et al, 1998).

Outros efeitos secundários comumente encontrados no concreto são a incorporação de ar, perda de abatimento e retardo no tempo de início de pega. A incorporação de ar é provocada por efeito na dispersão do ar na água, comum principalmente nos aditivos que têm lignossulfonato como agente (NEVILLE, 1997; JOLICOEUR e SIMARD, 1998).

A perda de abatimento do concreto é um fenômeno normal e pode ser definida como a perda de fluidez com o passar do tempo. Essa propriedade do concreto é particularmente importante no caso de concreto dosado em central, visto que o proporcionamento e o início da mistura dos materiais ocorre na central, enquanto que o lançamento e o adensamento somente serão feitos alguns minutos ou horas depois, quando o caminhão-betoneira chegar ao canteiro de obras. Segundo Ravina e Soroka (2002), esta perda de abatimento é principalmente atribuída à hidratação do cimento, uma vez que a formação dos produtos de hidratação consome água da mistura. Isto é devido, por um lado, às reações de hidratação e, por outro, à adsorção física da água na superfície dos produtos hidratados. Além disso, a evaporação de parte da água de mistura e uma possível absorção pelos agregados podem contribuir para esta perda. Concretagens realizadas sob temperaturas elevadas, tanto do concreto, quanto do ambiente, podem potencializar estes efeitos (ACI 305R-91).

Mas, sem dúvida, essa propriedade é afetada pela presença de aditivos plastificantes. O período de eficiência dos plastificantes é limitado, pois, logo após o início das reações de hidratação, começam a se formar grandes quantidades de produtos hidratados, tais como etringita, sendo que estes hidratos aprisionam a pequena quantidade de aditivo presente no sistema. Assim, a temperatura ambiente, a finura e a composição do cimento, principalmente, os teores de C_3A , SO_3 e álcalis, que comandam a evolução da formação de etringita, exercem influência sobre as interações cimento-aditivo. Em geral, a eficiência do aditivo é maior quando usado com cimento com baixo teor de álcalis ou baixo teor de C_3A (COLLEPARDI, M., 1984).

O retardo no tempo de início de pega decorre da variação na composição destes aditivos, principalmente dos lignossulfonatos, que, por serem sub-produtos, se torna difícil a remoção completa de açúcares e outras impurezas, sendo que estes compostos interferem no processo de hidratação do cimento, inibindo a nucleação e o crescimento dos produtos de hidratação (JOLICOEUR et al, 2003).

Portanto, para se determinar qual o tipo e o teor ideal de aditivo necessários para se otimizarem as propriedades do concreto, devem ser feitas misturas experimentais com os materiais que serão efetivamente utilizados na obra uma vez que a eficiência do aditivo está diretamente relacionada ao tipo e teor de cimento, teor de água, tipo e teor de agregado, presença de materiais cimentícios suplementares e temperatura (MAILVAGANAM, 1999). Contudo, a definição dos fornecedores e dos teores de cada aditivo utilizados em concreto dosado em central tem sido feita baseando-se exclusivamente em critérios comerciais, ou em resultado de estudos muitas vezes



realizados pelos próprios fabricantes em laboratórios próprios, ou independentes, ou ainda, em estudos conjuntos com o pessoal técnico dos laboratórios das centrais. Além disso, os critérios utilizados para a avaliação do desempenho desses aditivos geralmente não contemplam características específicas dos concretos dosados em central. O presente trabalho relata um programa de testes comparativos de desempenho de cinco aditivos polifuncionais feito por uma empresa produtora de concreto dosado em central em parceria com o Grupo de Tecnologia em Materiais e Componentes a Base de Cimento Portland (GTec), da Universidade Federal de Santa Catarina, objetivando fornecer subsídios à empresa para uma análise técnico-financeira necessária à escolha destes produtos e conseqüentemente, dos fornecedores.

Este estudo contemplou o teste de 5 tipos de aditivos polifuncionais de 3 diferentes fabricantes. O programa experimental proposto foi dividido em 4 etapas, a seguir discriminadas:

- Etapa 1: Ensaios de caracterização dos materiais constituintes;
- Etapa 2: Estudos comparativos do desempenho de aditivos em argamassas;
- Etapa 3: Estudos comparativos do desempenho dos aditivos em concreto em laboratório;
- Etapa 4: Ratificação dos resultados das etapas anteriores em escala real de produção.

Nesse artigo, serão apresentados apenas os resultados das etapas 1 e 2 pelo fato do estudo ainda estar em andamento. Novas publicações deverão contemplar o restante do estudo.

2 Caracterização dos Materiais

Para o cimento, determinaram-se as propriedades de tempo de início e fim de pega e resistência à compressão aos 3, 7 e 28 dias. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1. O cimento utilizado foi do tipo CP IV-RS, classe 32, da marca Votoran, fornecido a granel para muitas centrais de concreto da região sul do país.

Tabela 1 – Características do cimento

Propriedade	Valor Médio	Desvio
Início de Pega (hrs)	03:36	-
Fim de Pega (hrs)	04:45	-
Resistência aos 3 dias (MPa)	25,3	1,9
Resistência aos 7 dias (MPa)	29,0	1,3
Resistência aos 28 dias (MPa)	43,9	0,6

Nesta fase do trabalho foram utilizadas duas areias graníticas, uma natural de cava e outra natural de britagem. A caracterização destes materiais, realizada segundo recomendações da NBR-NM 46 (2003), NBR-NM 52 (2003) e NBR-NM 248 (2003), está apresentada na Figura 1 e Tabela 2. Na Figura 1 também são apresentados os limites granulométricos recomendados pela NBR 7211 (2005) para agregados miúdos destinados a concreto.

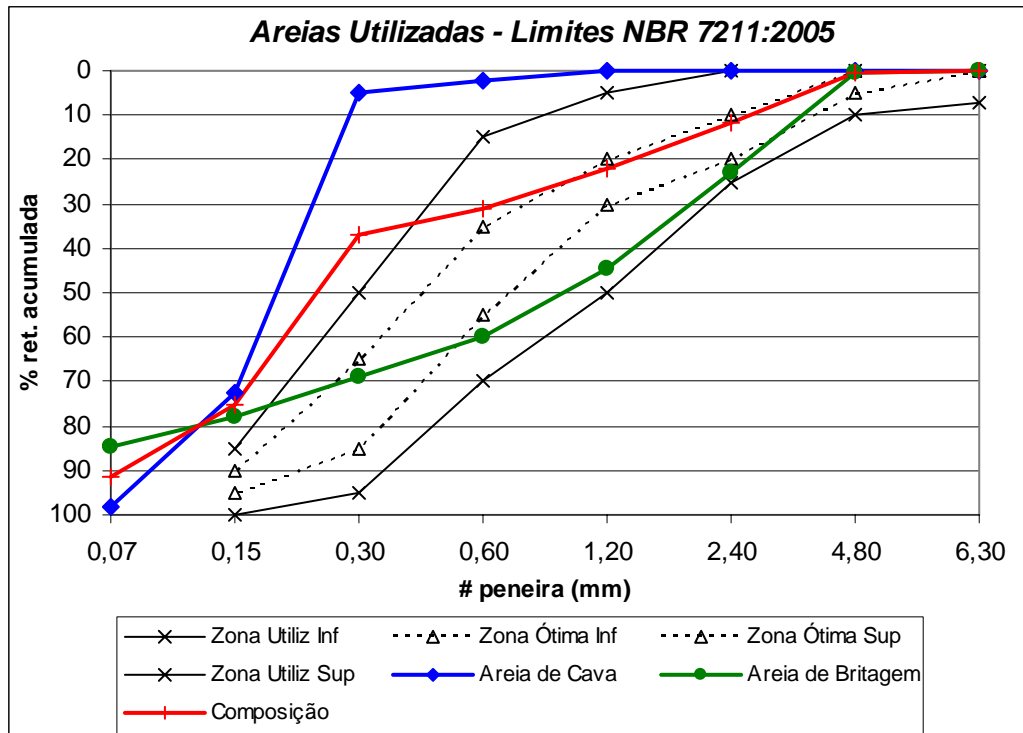


Figura 1 – Curva granulométrica dos agregados miúdos e da composição empregada entre os mesmos frente aos limites prescritos pela NBR 7211 (2005)

Tabela 2 – Caracterização física dos agregados empregados

Propriedade	Areia de Cava	Areia de Britagem
Módulo de Finura	0,80	2,75
Material Pulverulento (%)	1,90	15,32
Dimensão Máxima (mm)	0,60	4,8
Dimensão Mínima (mm)	0,075	< 0,075
Massa Específica (kg/dm ³)	2,635	2,630

Os materiais, cuja caracterização foi aqui apresentada, são os efetivamente utilizados pela central de concreto para a qual foi realizado o estudo. A composição estudada refere-se àquela empregada na maioria dos traços desta mesma central de concreto (50% de areia natural x 50% de areia artificial).

3 Testes Realizados em Argamassas

Para a realização desta etapa, dividiu-se o estudo em diversas fases:

- Confecção de 3 misturas de consistência semelhante (sem aditivo), variando-se a relação água/cimento (0,75; 0,60 e 0,45) e utilizando-se uma relação água/materiais secos (H) constante, obtida em estudos preliminares (H=16,25%);



- Para cada aditivo polifuncional testado e para cada uma das relações água/cimento acima mencionadas, foram ensaiadas misturas contendo 3 distintos teores (0,6, 0,9 e 1,2% em massa relativos ao cimento - Teor 1, Teor 2 e Teor 3, respectivamente);
- De cada mistura foram avaliadas: a fluidez inicial, perda de fluidez com 20, 40 e 60 minutos e recuperação da fluidez quando da adição de 10% da água de mistura, empregando-se o flow table test. Além disso, determinou-se a massa específica das misturas, foram moldados corpos-de-prova para ensaios de resistência à compressão aos 7 e 28 dias e foi monitorada a evolução de temperatura ao longo do tempo para determinação dos tempos de início de pega.

Na Tabela 3 são apresentadas as proporções unitárias utilizadas na presente fase do estudo para a confecção das argamassas.

Vale destacar que os materiais e as proporções entre areia natural e areia artificial (50% - 50%) adotados neste trabalho são os mesmos que vêm sendo efetivamente usados pela central.

Tabela 3 – Proporções de materiais empregadas para as confecções das argamassas

Materiais	Relação água/cimento		
	0,75	0,60	0,45
Cimento	1,00	1,00	1,00
Areia natural	1,808	1,346	0,885
Areia artificial	1,808	1,346	0,885
Água	0,75	0,60	0,45

Como citado anteriormente, foram testados cinco aditivos, sendo que os mesmos foram encaminhados, primeiramente, pelos seus respectivos fabricantes à equipe técnica da central dosadora, que por sua vez, acondicionou-os em cinco frascos iguais, identificando-os com as letras A, B, C, D e E. Esses frascos com as novas identificações foram então encaminhados ao grupo GTec - UFSC para a realização do programa experimental.

A mistura das argamassas foi realizada em uma argamassadeira de laboratório (NBR 7215-1996), sendo que o procedimento de mistura se deu da seguinte forma:

- 1º – Adição dos materiais a seco na cuba da argamassadeira;
- 2º – Mistura em velocidade lenta por 30 segundos;
- 3º – Adição de 90 % da água total e mistura em velocidade lenta por 60 segundos;
- 4º – Repouso por 60 segundos para raspagem do material aderido a cuba;
- 5º – Adição do aditivo e mistura por 60 segundos na velocidade lenta;

Ao término da mistura era determinada a fluidez inicial através da mesa de espalhamento, determinando-se o diâmetro de espalhamento da argamassa após o emprego de 10 golpes (Flow10). Essa argamassa era então acondicionada em um recipiente fechado e mantida em uma sala com temperatura controlada ($23 \pm 1^\circ\text{C}$) por um período de 1 hora, sendo que durante esse tempo, eram feitas novas determinações de fluidez através da mesa de espalhamento a cada 20 minutos. Após a determinação da fluidez, decorridos os 60 minutos, a argamassa era transferida para a cuba da argamassadeira, onde se processava a remistura da mesma e a adição dos 10% de água restante. Esse procedimento de remistura durava 60 segundos, sendo realizado em velocidade lenta.



Após esta redosagem, determinava-se novamente a fluidez da argamassa, a massa específica no estado fresco da mesma e procedia-se a moldagem de 4 corpos-de-prova cilíndricos (5 x 10 cm) para a determinação da resistência à compressão aos 7 e 28 dias. O material empregado para a determinação da massa específica era transferido para calorímetros semi-adiabáticos (blocos de isopor – EPS), mantidos em sala climatizada (temperatura de $23\pm 1^\circ\text{C}$), para a determinação do tempo de início de pega. Como tratava-se de um estudo comparativo da influência dos aditivos nos tempos de início de pega das argamassas, esta determinação foi feita avaliando-se a evolução de temperatura das mesmas. Diversas bibliografias mostram que o ponto de início de pega se caracteriza por uma forte reação exotérmica do cimento (liberação de calor), devido à hidratação de compostos do cimento (C_3A - aluminato tri-cálcico). Em função disso, a idéia foi monitorar a evolução de temperatura das argamassas através de termopares, determinando o exato ponto onde a temperatura das mesmas sofre uma elevação brusca (início de pega). A seguir são apresentados os resultados obtidos para a presente fase do programa experimental.

4 Apresentação e Análise dos Resultados

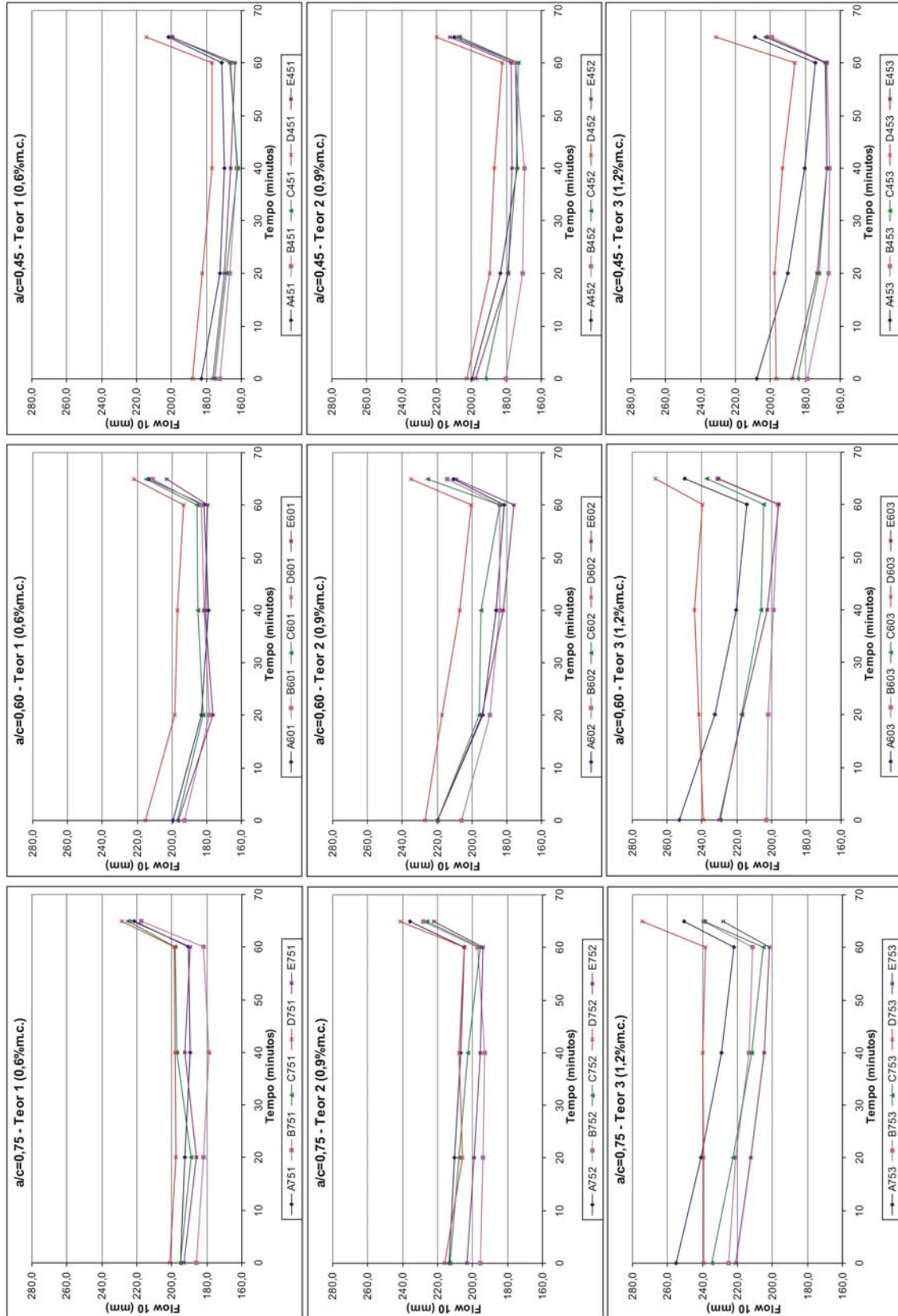
4.1 Fluidez ao longo do tempo e tempos de início de pega

Na Figura 2 são apresentados os resultados de fluidez inicial, a cada 20 minutos e após a redosagem das misturas para os três teores de cada aditivo testado e também para as três relações água/cimento estudadas.

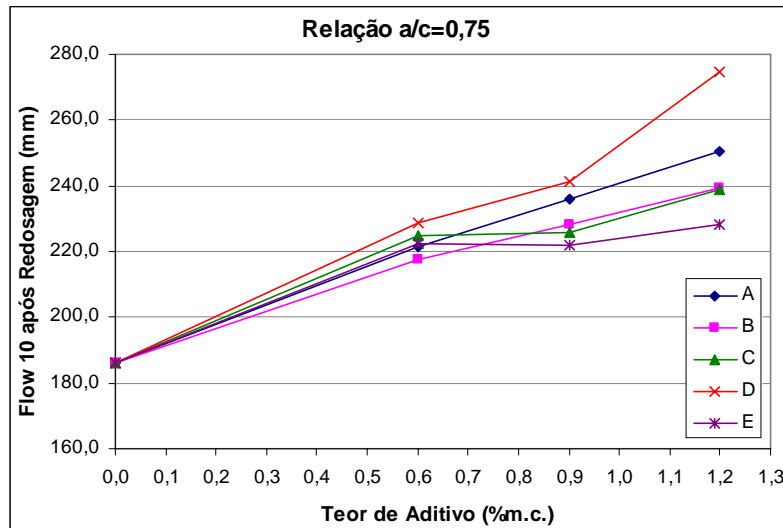
Conforme pode ser observado na Figura 2, para as três relações água/cimento estudadas, o aumento do teor de aditivo propiciou maior fluidez inicial das misturas. No entanto, maior também foi a perda de fluidez decorridos 60 minutos do início da mistura. Assim, teores maiores de aditivo proporcionam um incremento na fluidez após a redosagem menor do que aquele observado na fluidez inicial. Em alguns casos ainda, nem mesmo a adição de 10% da quantidade de água total do traço conseguiu recuperar a fluidez inicial.

Na Figura 3 são apresentadas curvas de fluidez após a redosagem em função do teor de cada aditivo testado. Os teores iguais a zero, correspondem à fluidez das argamassas de referência.

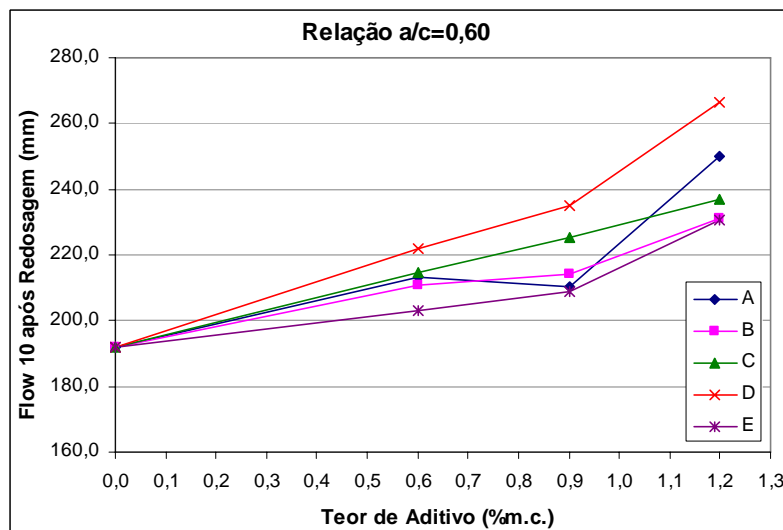
Observa-se na Figura 3 que para as argamassas de $a/c=0,45$, com exceção do aditivo D, o incremento no teor de aditivo dentro da faixa estudada (0,6 a 1,2% m.c.) não propiciou um aumento na fluidez após a redosagem. Diante disto, para estes aditivos e quando avaliada a fluidez após uma hora da mistura, há um teor de saturação em torno de 0,9% m.c. para relações água/cimento mais baixas. Este fenômeno não foi observado para as demais relações água/cimento. Pode ser verificado ainda que o aditivo D apresentou o melhor desempenho quanto à fluidez dentre os aditivos testados. Inclusive, para as argamassas de $a/c=0,45$, os teores de 1,2% m.c. dos demais aditivos não apresentaram fluidez tão elevada quanto o teor de 0,6% m.c. do aditivo D.



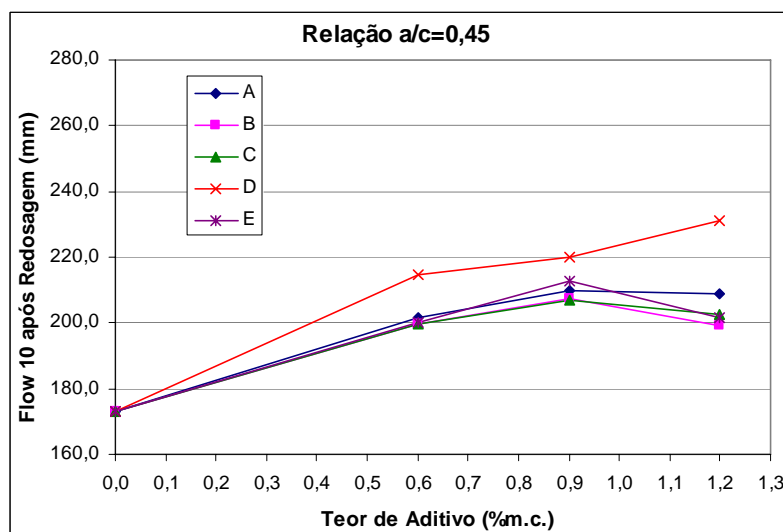
(a) $a/c=0,75$; (b) $a/c=0,60$ e (c) $a/c=0,45$



(a)



(b)



(c)

Figura 3 – Fluidez das argamassas após a redosagem em função do teor de cada aditivo empregado para:
(a) $a/c=0,75$; (b) $a/c=0,60$ e (c) $a/c=0,45$



Dentre os aditivos testados, o aditivo D foi o que apresentou uma maior fluidez inicial e uma menor perda de abatimento ao longo do tempo. No entanto, como pode ser observado na Tabela 4, este aditivo foi o que apresentou os maiores tempos de início pega, independente do teor e da relação água/cimento avaliados. Nesta tabela, observa-se ainda que, quanto maior o teor de aditivo empregado, maior foi o retardo no tempo de início de pega. Dentre os aditivos avaliados, o aditivo B foi o que apresentou os menores tempos de início de pega.

Já na Tabela 5, são apresentados os tempos de início de pega das argamassas de referência (sem aditivo) e também daquela contendo o aditivo e teor que vêm sendo utilizado atualmente pela central dosadora de concreto. Nesta última argamassa, que possuía relação $a/c=0,60$, foi empregado um teor de aditivo de 1,3% em relação à massa de cimento.

Como pode ser observado, as argamassas de referência apresentaram tempos de início de pega bastante inferiores as argamassas contendo aditivos. Destaca-se ainda que, para estas argamassas, o aumento da relação água/cimento acarretou em maior tempo de início de pega, diferentemente do observado para a maioria das argamassas contendo aditivo. A argamassa contendo o aditivo utilizado atualmente pela central de concreto apresentou tempo de início de pega de 22 horas, valor este que foi considerado limitante para escolha do teor de aditivo a ser utilizado nos ensaios em concreto. Na Figura 4 são apresentados, na forma de gráficos, os tempos de início de pega das argamassas contendo os aditivos estudados.

Tabela 4 – Tempos de início de pega para cada teor, aditivo e relação a/c

Relação a/c	Teor de aditivo (%)	Aditivo				
		A	B	C	D	E
0,75	0,6	7:31	5:47	7:34	11:17	7:13
	0,9	11:40	6:58	9:40	20:37	11:10
	1,2	17:16	10:38	13:20	38:10	14:34
0,60	0,6	7:15	5:37	7:50	10:39	7:15
	0,9	9:21	7:30	9:13	15:35	9:49
	1,2	19:10	9:46	14:38	45:10	17:30
0,45	0,6	8:46	6:70	7:26	13:20	8:46
	0,9	12:25	7:43	10:10	22:46	12:25
	1,2	15:51	9:50	12:47	37:35	15:51

Tabela 5 – Tempos de início de pega das argamassas de referência (sem aditivo) e daquela contendo o aditivo atualmente empregado na central (1,3% m.c.)

Argamassa	Tempo de início de pega
REF- $a/c=0,75$	4:17
REF- $a/c=0,60$	3:47
REF- $a/c=0,45$	3:45
Atual- $a/c=0,60$	22:00

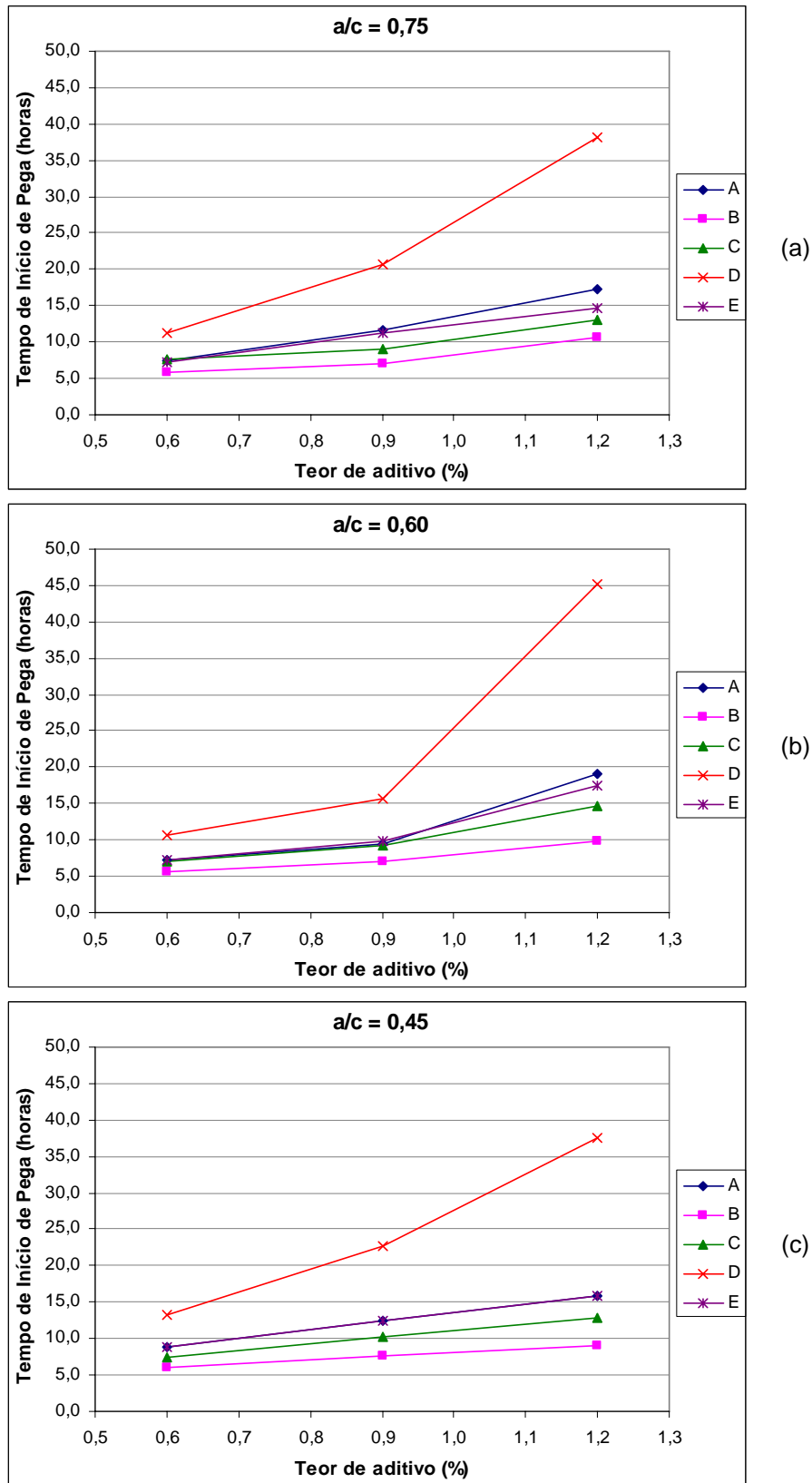


Figura 4 – Tempo de início de pega das argamassas para: (a) a/c=0,75; (b) a/c=0,60 e (c) a/c=0,45



4.2 Resistência à compressão aos 7 e 28 dias e massa específica no estado fresco

Na Figura 5, são apresentados os resultados de resistência à compressão aos 7 e 28 dias e massa específica no estado fresco das argamassas confeccionadas com cada aditivo, teor e relação água/cimento. Também são apresentados os valores de resistência das argamassas de referência (sem aditivos).

Quanto às resistências das argamassas, observa-se na Figura 5 que o aumento no teor de aditivo, dentro da faixa testada, provocou redução na resistência das argamassas aos 7 dias. Este fator, provavelmente pode ser justificado pelo aumento no retardo do tempo de pega provocado pelos teores mais altos de aditivo. Nesses teores (Teor 3 – 1,2% em relação a massa de cimento), em alguns casos, a resistência foi menor até mesmo que as argamassas de referência. Contudo, a maioria das argamassas aditivadas apresentou resistência superior à da argamassa de referência, fato este provavelmente justificado pela melhor dispersão das partículas de cimento na mistura. Na maioria dos casos, as argamassas confeccionadas com o aditivo D apresentaram maiores resistências, sendo este também o aditivo que provocou maiores retardos nos tempos de início de pega. A hidratação mais lenta e conseqüente melhor formação dos produtos hidratados, juntamente com a menor incorporação de ar (maior massa específica no estado fresco) podem justificar este comportamento.

A argamassa confeccionada com o aditivo atualmente utilizado pela central, teor de 1,3%, apresentou resistência à compressão aos 7 dias de 22,2MPa ficando abaixo da apresentada pela argamassa de referência para a referida relação a/c (REF60=24,4MPa). Este fato pode ser creditado à maior incorporação de ar (menor massa específica) apresentada por esta argamassa contendo aditivo (2,08g/cm³). A massa específica da argamassa de referência foi de 2,16g/cm³.

A análise dos valores obtidos aos 28 dias apontam, na maioria dos casos, para uma ratificação das conclusões feitas com base nas resistências dos 7 dias.

O aditivo D foi o que apresentou um melhor desempenho a 28 dias, seguido de perto pelo A e pelo B. O aditivo C foi o de pior desempenho geral.

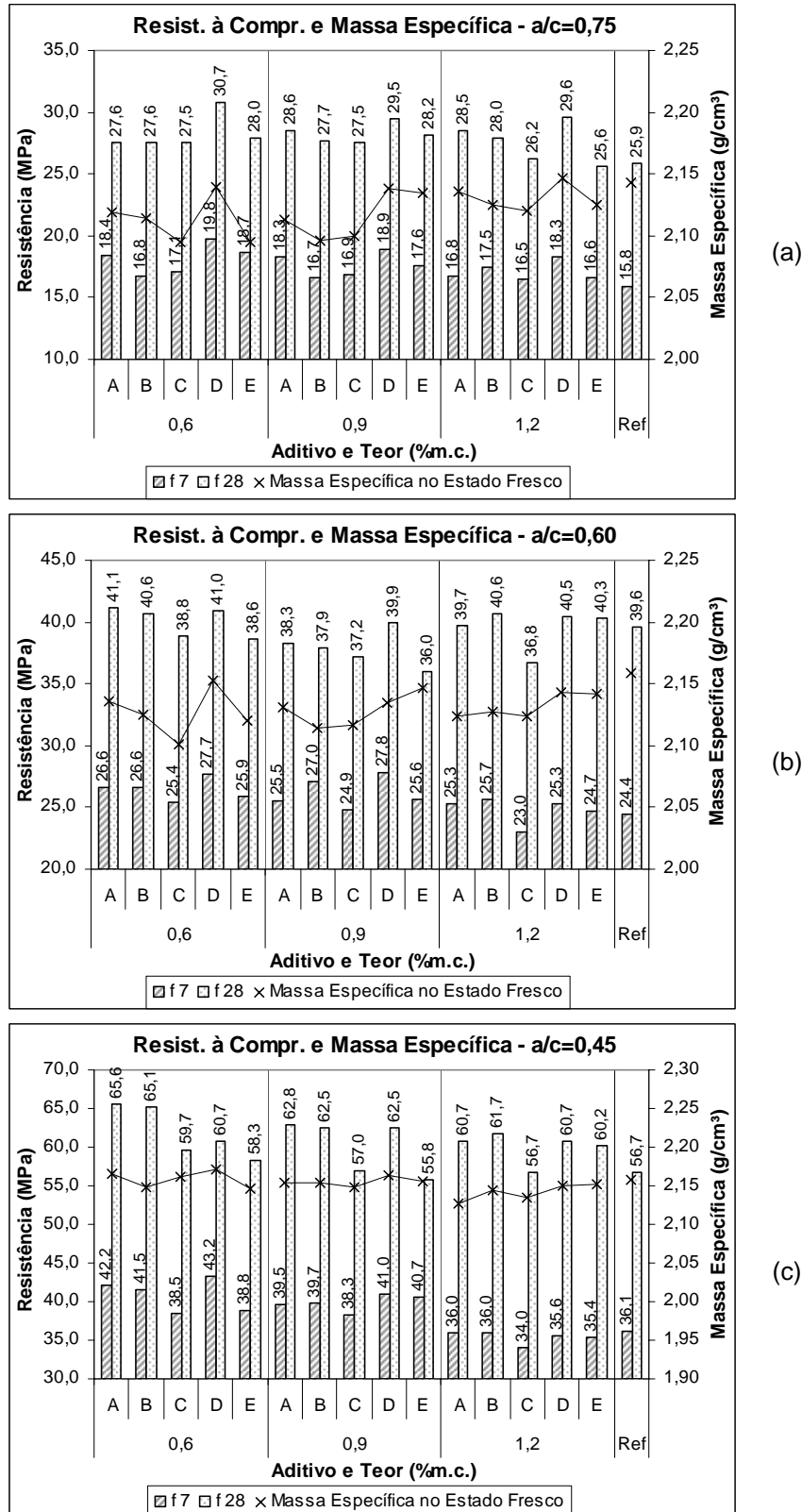


Figura 4.4 – Resistência à compressão aos 7 e 28 dias e massa específica no estado fresco das argamassas em função do teor de cada aditivo empregado para: (a) a/c=0,75; (b) a/c=0,60 e (c) a/c=0,45



5 Considerações Finais

Reunindo-se os resultados da etapa 2 do estudo (teste em argamassas), pode-se concluir que o aditivo D foi o que apresentou um melhor desempenho para ser usado em concreto dosado em central. O único senão relacionado ao seu uso é o tempo de início de pega muito elevado, acima do limite estabelecido pelo estudo (22 horas para temperatura de $23\pm 1^{\circ}\text{C}$). A adoção de um teor inferior ao máximo testado (1,2% m.c.) amenizaria este efeito. Deve ser levado em conta que, por exemplo, no teor de 0,9%, a fluidez apresentada após a redosagem esteve entre as melhores se comparada com as obtidas para os outros aditivos no teor de 1,2%. Os demais aditivos apresentaram um desempenho aquém do obtido com o aditivo D. Os aditivos A, B e E, por exemplo conduziram a resistências à compressão a 28 dias similares as obtidas com o aditivo D. Mas, como a fluidez final após a redosagem das argamassas confeccionadas com esses aditivos é inferior, espera-se que o concreto precisará de mais água para atingir o mesmo abatimento. Dentre estes três aditivos, o aditivo A é o que apresentou um melhor desempenho com relação a essa característica. Entretanto, deve ser observado que o tempo de início de pega para este aditivo no teor de 1,2% é superior aos apresentados pelos aditivos B e E.

Com base nessas conclusões, foi definido o seguimento do trabalho (etapas 3 e 4).

Foi considerado que, no caso do aditivo D, não valeria a pena testar o teor de 1,2% em virtude dos elevados valores de tempos de início de pega observados. Fixou-se então, para esse aditivo, o teor de 0,9% por conduzir a valores de fluidez ligeiramente melhores dos que os demais aditivos no teor de 1,2%, exceto no caso do aditivo A, para as relações água/cimento de 0,6 e 0,75. Para os demais aditivos, decidiu-se testar o teor de 1,2% para a construção das curvas de dosagem.

Para produzir um efeito comparativo complementar ao obtido nas curvas de dosagem, foi também decidido testar o teor de 0,9% dos aditivos A, B, C e E na relação água/cimento de 0,6. Este estudo não estava previsto inicialmente mas julgou-se necessário pois o ganho de fluidez obtido nas argamassas, quando se passou do teor de 0,9 para 1,2%, foi relativamente pequeno na maioria dos casos. Sendo assim, a opção do uso de 1,2% poderia gerar, além de um incremento significativo do tempo de início de pega, uma redução muito pequena no consumo de cimento dos concretos tornando a solução pouco atrativa do ponto de vista econômico (estar-se-ia consumindo 33% a mais de aditivo).

Como conclusão geral desta fase do estudo, pode-se afirmar que o uso de aditivos polifuncionais apresenta vantagens inquestionáveis para o uso em concreto dosado em central, principalmente em termos de fluidez e resistência à compressão. No entanto, como sugere Mailvaganam (1999), o desempenho de cada tipo e teor de aditivo pode ser muito distinto, pois depende de muitas variáveis. Portanto, quando da seleção e definição de teor desse tipo de aditivo é imprescindível que sejam realizados estudos experimentais com os materiais que efetivamente serão empregados e também se levando em conta as condições climáticas e de produção da sua aplicação real.



4 Referências

AÏTCIN, P.; JOLICOEUR, C. e MACGREGOR, J. G. **Superplasticizers: how they work and why they occasionally don't.** Concrete International, v. 16, n. 5, may 1994.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Comitee 212.3R-91.** Chemical admixtures for concrete. ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, Materials and general properties of concrete. Farmington Hills, Michigan, 1996. 31 p.

_____. **Comitee 305R-91.** Hot weather concreting. ACI Materials Journal, v. 88, n. 4, p. 417-436, july/aug. 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:** Agregado para concreto. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **NBR 7215:** Cimento Portland – Determinação da resistência a compressão. 1996.

_____. **NBR 11768:** Aditivos para concreto de cimento portland. Rio de Janeiro, 1992.

COLLEPARDI, M. **Water Reducers/Retarders.** In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.). Concrete admixtures handbook: properties, science and technology. 1. ed. Park Ridges, NJ, USA: Noyes Publications, 1984.

_____. **Advances in superplasticizing admixtures.** In: New Spiratos Symposium on Superplasticizers. Proceedings of a Symposium Honouring... Bucharest, Romania: CANMET/ACI, june 2003.

COLLEPARDI, S., et al. **Mechanisms of action of different superplasticizers for high-performance concrete.** In: 2nd CANMET/ACI International Conference in High-Performance Concrete, Performance and Quality of Concrete Structures, 1999, Gramado. Proceedings... Gramado: ACI SP-186, 1999.

JOLICOEUR, C. e SIMARD, M. A. **Chemical admixture-cement interactions: phenomenology and physico-chemical concepts.** Cement and Concrete Composites, v. 20, 1998.

JOLICOEUR, C. et al. **Chemical admixtures: essential components of quality concrete.** In: New Spiratos Symposium on Superplasticizers. Proceedings of a Symposium Honouring... Bucharest, Romania: CANMET/ACI, june 2003.

MAILVAGANAM, N. P. **Admixture Compatibility in Special Concretes.** In: 2nd CANMET/ACI International Conference in High-Performance Concrete, Performance and Quality of Concrete Structures, 1999, Gramado. Proceedings... Gramado: ACI SP-186, 1999.



ANAIS DO 49º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO
CBC2007

SETEMBRO / 2007

ISBN 978-85-98576-17-6

@ 2007 - IBRACON



NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. 828 p.

RAMACHANDRAN, V. S. et al. **Superplasticizers: properties and applications in concrete**. 1. ed. Ottawa, Canada: CANMET, 1998. 404 p.

RAVINA, D. e SOROKA, I. **Admixture effects on hot-weather concrete**. Concrete International, v. 24, n. 5, may 2002.

SPONHOLZ, I. **Avaliação do desempenho de aditivos redutores de água em concreto de alto desempenho**. 1998. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.