

A IMPORTÂNCIA DA ESCOLHA DO AGLOMERANTE PARA DOSAGEM DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

Allison Rosa Castro¹

Sandra Maria de Lima²

RESUMO: Este artigo tem por objetivo esclarecer a importância da escolha do tipo de aglomerante utilizado nas dosagens de concreto. A observação da prática em obras nos permite concluir que a maioria dos construtores não determina o tipo de cimento para a confecção do concreto. Os construtores estão habituados a diferenciar os cimentos em função do seu fabricante, o que não os especifica. Serão apresentadas, neste trabalho, algumas das diferenças na sinergia entre aglomerantes e aditivos e das características mecânicas e de durabilidade para tipos distintos de cimentos, utilizando-se ensaios de resistência à compressão, de absorção de água por imersão e Kantro.

PALAVRAS-CHAVE: Aglomerantes, concreto, dosagem.

ABSTRACT: This paper aims clarifying the importance of the choice the kind of binders used in concrete dosages. The observation of practice in works has demonstrated that the most of the workers do not specify the kind of binder to dosage concrete. The workers are accustomed to differentiate the binders by their manufacturers, what do not specify them. This paper is going to present some differences on synergy between binders and additives, on strength and on durability of several kind of cement. This is possible using some test of compressive strength, absorption of water by immersion and Kantro.

KEYWORDS: Binders, concrete, dosage.

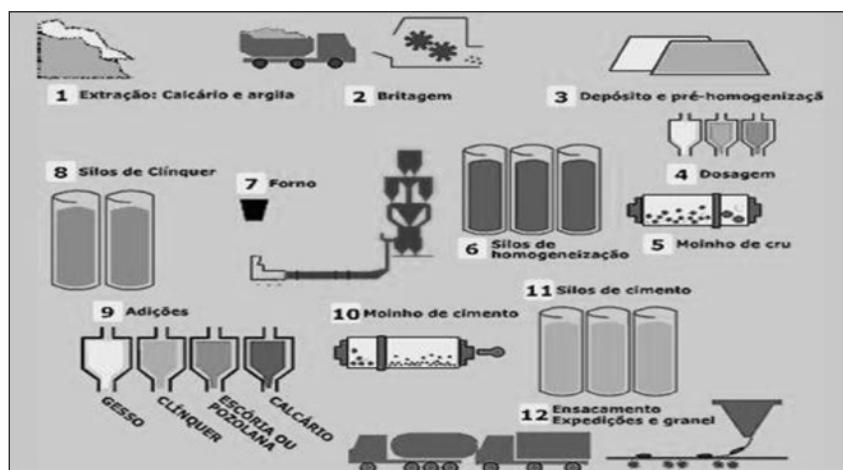
1 Graduando do Curso Superior de Controle Tecnológico de Obras do IFMT – Campus Cuiabá. E-mail: allison.c@terra.com.br.

2 Doutora em Engenharia de Estruturas, pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP); professora do Deptº de Construção Civil do IFMT – Campus Cuiabá. E-mail: lima@ccivil.cefetmt.br.

INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira do Cimento Portland (ABCP) define o cimento hidráulico como um pó fino, com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação de água. Como concreto, torna-se uma pedra artificial que pode ganhar formas e volumes de acordo com as necessidades de cada obra. Graças a essas propriedades, o concreto é o segundo material mais consumido pela humanidade, superado apenas pela água. A Figura 1 ilustra esquematicamente o processo de fabricação do cimento Portland.

Figura 1. Esquema do Processo de Fabricação do Cimento Portland.



Fonte: ABCP, 2008a.

De acordo com a ABNT EB1-94 (NBR 5732, 1991), o cimento Portland comum é um produto resultante da moagem do clínquer obtido pela calcinação e clinquerização da mistura de proporções adequadas de calcário e argila. Nessa moagem, é adicionado um teor de gipsita, em geral, uma ou mais formas de sulfato de cálcio, para controlar o tempo de pega do cimento. O clínquer é formado por óxidos ácidos como SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 e óxido básico como CaO cujos teores são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Proporção de Óxidos nos Cimentos Portland.

ÓXIDO	TEOR (%)
Cão	60-67
SiO ₂	17-25
Al ₂ O ₃	3-8
Fe ₂ O ₃	0,5-0,6
MgO	0,5-4,0
Álcalis1	0,3-1,2
SO ₃	2,0-3,5

Fonte: NEVILLE, 1997.

Esses compostos reagem quimicamente, sendo que mais de 90% resultam nos 5 compostos indicados na Tabela 2.

Tabela 2. Fases do Cimento Portland.

Composição	Constituição	Símbolo	Propriedades Tecnológicas
Silicato tricálcico (alita)	3 CaO. SiO ₂	C ₃ S	<ul style="list-style-type: none">– Endurecimento rápido;– Alto calor de hidratação;– Alta resistência inicial.
β – Silicato dicálcico (belita)	2 CaO. SiO ₂	C ₂ S	<ul style="list-style-type: none">– Endurecimento lento;– Baixo calor de hidratação;– Baixa resistência inicial.
Aluminato tricálcico	3 CaO. Al ₂ O ₃	C ₃ A	<ul style="list-style-type: none">– Pega muito rápida, suscetibilidade ao ataque em meios sulfatados, alto calor de hidratação, alta retração e baixa resistência inicial.
Ferroaluminato tetra-cálcico	4 CaO. Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃	C ₄ AF	<ul style="list-style-type: none">– Endurecimento lento;– Resistência a meio sulfatados;– Pouca contribuição para a resistência.
Cal livre	CaO	C	<ul style="list-style-type: none">– Aceitável em pequenas quantidades;– Altos teores causam expansão e fissuração.
Gipsita	CaSO ₄ .2.H ₂ O		<ul style="list-style-type: none">– Controlador de pega.

Fonte: ARMELIN et al., 1991, apud COSTENARO, 2003.

Além dos compostos principais das duas fases supracitadas, existem compostos secundários, como MgO , TiO_2 , MnO_2 , K_2O e Na_2O . Os dois últimos compostos, os óxidos de potássio e sódio, conhecidos como álcalis, apresentam particular interesse. Atribui-se esse fato à reação (álcali – agregado) destes compostos com alguns agregados (rochas ácidas), de modo que o produto dessa reação provoca desintegração do concreto desencadeado por um processo de fissuração e expansão e também influencia a velocidade de aumento da resistência do mesmo.

Para que o cimento apresente as propriedades ligantes, é necessário que reaja com água. Ou seja, na presença da água, os silicatos e os aluminatos, relacionados na Tabela 2, formam os produtos de hidratação que, com o transcorrer do tempo, dão origem a uma massa firme e resistente, a pasta de cimento endurecida. Cada um deles (Tabela 2) apresenta velocidade de reação distinta e cada um leva a produtos de hidratação, composição e propriedades físicas diferentes.

São as diferenças entre os produtos de hidratação dos cimentos e as variações na sua composição química que governam a classificação dos cimentos. No Brasil, existem 7 tipos de cimento (cimento tipo I a cimento tipo V, CPBC, CPB), além das variações em cada tipo em função da presença de adições minerais e outras características especiais.

A Tabela 3 apresenta uma síntese dessa classificação e relaciona os cimentos com suas principais características.

Tabela 3. Tipos de Cimentos no Mercado Brasileiro e suas Principais Características.

Classificação	Principais Características
CP I (NBR 5732)	– Utilizado quando não são exigidas características especiais.
CP I-S (NBR 5732)	– CP I com 5% de adição de material pozolânico.
CP II (NBR 11578)	– Cimento composto modificado.
CP II Z (pozolânico)	– Menor calor de hidratação; indicado para ambientes agressivos.

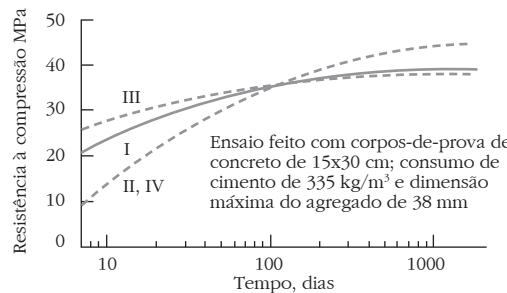
Continua...

Classificação	Principais Características
CP II E (escória granulada de alto forno)	– Baixo calor de hidratação; resistência a meios sulfatados.
CP II F (material carbonático – filer)	– Aplicações gerais.
CP III (NBR 5735)	– Cimento Portland de Alto Forno – com adição de escória de alto forno. Alta durabilidade a meios agressivos; resistente à exposição de reação álcali-agregado.
CP IV (NBR 5736)	– Cimento pozolânico – adequado para exposição a: água corrente; meios agressivos; estações de tratamento de esgoto e água, etc.
CP V (NBR 5733)	– Cimento de alta resistência inicial; elevado calor de hidratação; é mais fino.
CP RS (NBR 5737)	– Cimentos resistentes a sulfatos – para que sejam assim classificados, os cimentos devem atender às seguintes condições: a) quantidade em massa de C ₃ A < 8%; b) quantidade em massa de filer carbonático < 5%; c) Para o CP III: composição com 60% a 70% de escória; d) Para o CP II Z: composição com 25% a 40% de pozolana.
CP BC (NBR 13116)	– Cimento com baixo calor de hidratação; recomendado para obras com grande volume de concreto – CP III BC.
CPB (NBR 12989)	– Cimento Portland branco – coloração diferenciada devido ao uso de caulim em substituição à argila; alto calor de hidratação, pouco resistente a meios agressivos. Pode ser estrutural ou não.

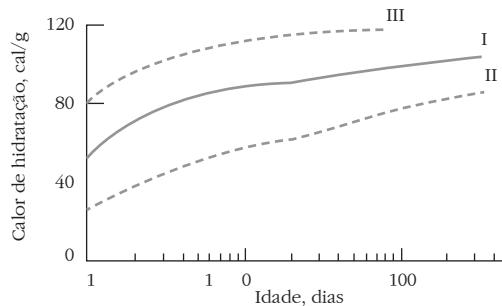
Fonte: ABCP, 2008b.

A partir da observação e análise da Figura 2, é possível notar a influência do tipo de cimento na resistência à compressão (Figura 2a) e no calor de hidratação (Figura 2b). A Figura 2c ilustra a influência da finura ou granulometria do cimento na resistência à compressão.

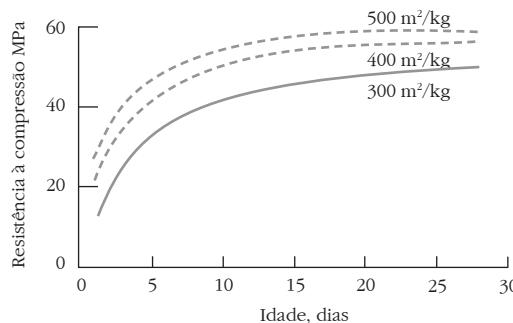
Figura 2. Influência da Composição dos Cimentos em suas Propriedades.



Influência do tipo de cimento na resistência mecânica.



Influência do tipo de cimento no calor de hidratação.



Influência da finura do cimento na resistência mecânica.

Fonte: MEHTA e MONTEIRO, 2008.

Nota: Estes gráficos foram construídos para cimentos americanos (ASTM C 150), cuja correspondência com os cimentos brasileiros é a seguinte:

- Tipo I (ASTM) = Tipo I (NBR);
- Tipo II (ASTM) = Tipo IV (NBR);
- Tipo III (ASTM) = Tipo V (NBR).

É preciso que todas estas características sejam consideradas durante o projeto de dosagem do concreto. Portanto, pode-se afirmar que a escolha do cimento adequado é um item prioritário para a dosagem de concretos, a fim de que mesmos atendam as especificações e o desempenho esperado no ambiente em que estarão inseridos.

MÉTODO

Com o intuito de ressaltar a importância da escolha do aglomerante, bem como o conhecimento de suas principais características, apresentar-se-ão os resultados de três pesquisas. A primeira delas refere-se à montagem de um novo aglomerante a partir de dois cimentos comerciais em que se procurou uma composição que potencializasse as vantagens de cada um dos cimentos comerciais. Na segunda pesquisa, analisou-se o comportamento de dois tipos de cimentos comerciais na presença de diferentes tipos de aditivos e, na terceira pesquisa, analisou-se o comportamento de um aglomerante composto por um cimento comercial e adição mineral com dois aditivos incorporadores de ar de fabricantes diferentes.

A análise desses resultados tornará ainda mais evidente a importância de se conhecer a composição dos cimentos, ou seja, o seu tipo, para relacioná-la com seu comportamento na dosagem de concretos de cimento Portland.

DESENVOLVIMENTO

Nesta seção será apresentada de maneira sucinta a análise experimental de cada uma das três pesquisas ora referenciadas.

PESQUISA 1 – MONTAGEM DE UM NOVO AGLOMERANTE A PARTIR DE DOIS CIMENTOS COMERCIAIS

Esta pesquisa, realizada por Moraes et al. (2008), teve por objetivo montar um novo aglomerante utilizando os cimentos comerciais CP II F 32 e CP V ARI. Esses cimentos diferenciam-se pela composição química e pela finura ou granulometria.

O cimento CP II F 32 possui adição de material carbonático, praticamente inerte, com função de filer (preenchimento). Trata-se de um cimento de baixo calor de hidratação. O CP V ARI, dito de alta resistência inicial, é um cimento de alto calor de hidratação que se caracteriza principalmente pela maior quantidade de C_3A e pela maior finura.

Os cimentos foram caracterizados por meio do ensaio Le Chatelier para obtenção de massa específica, conforme a NBR NM 23/98. O cimento CP II F 32 teve a massa específica determinada em 3,00 g/cm³, e o CP V ARI apresentou massa específica de 3,125 g/cm³. Investigaram-se várias composições entre esses dois cimentos de modo a se obter um aglomerante com maior resistência mecânica e maior durabilidade.

A Tabela 4 apresenta as várias composições entre os cimentos comerciais analisadas.

Tabela 4. Aglomerantes Compostos pelos Cimentos CP II F 32 e CP V ARI.

Aglomerantes Compostos	CP II F 32 (%)	CP V ARI (%)
AGL 1	50	50
AGL 2	60	40
AGL 3	70	30
AGL 4	75	25
AGL 5	80	20
AGL 6	85	15

Fonte: MORAES et al., 2008.

O desempenho dos aglomerantes compostos foi analisado, inicialmente, em argamassas. Moldaram-se corpos-de-prova cilíndricos com 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura para todas as proporções. O adensamento foi feito através de uma haste de compactação, em três camadas, cada uma com 30 golpes. O traço unitário 1: a: a/agl foi igual a 1:3:0,54 (MORAES et al., 2008).

Esses corpos-de-prova foram submetidos a ensaios, para verificação da resistência mecânica (compressão axial) e da durabilidade (absorção de água por imersão).

Os resultados dos ensaios estão expressos nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Ensaio de Resistência à Compressão para Argamassa com Cimentos Comerciais e com Aglomerantes Compostos.

Aglomerantes	Resistência à Compressão Axial (MPa)	
	7 dias	28 dias
CP II F 32	19,6	25,2
CP V ARI	22,3	25,9
AGL 1	23,3	28,9
AGL 2	24,2	27,2
AGL 3	17,5	25,5
AGL 4	16,0	28,0
AGL5	16,0	30,0
AGL6	22,0	26,0

Fonte: MORAES et al., 2008.

Tabela 6. Ensaios de Absorção de Água por Imersão (Somente para os Cimentos Comerciais e os Aglomerantes 1, 2 e 3).

Aglomerantes	Resultados – NBR 9779: 1995		
	Absorção (%)	Índice de Vazios (%)	Massa Específica Real (g/cm³)
CP II F 32	7,3	15,70	2,21
CCP V ARI	7,6	15,78	2,23
AGL 1	7,1	14,70	2,25
AGL 2	8,8	17,70	2,14
AGL 3	7,3	15,50	2,21
AGL 4	7,2	15,80	
AGL 5	7,0	16,80	
AGL 6	7,4	16,70	

Fonte: MORAES et al., 2008.

PESQUISA 2 – INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CIMENTOS NA AÇÃO DE ADITIVOS FLUIDIFICANTES

Esta pesquisa, realizada por Castro e Lima (2008), analisou a influência do tipo do cimento na ação de aditivos fluidificantes (GLENO, da El Condor), ou seja, a sinergia entre aglomerantes e aditivos.

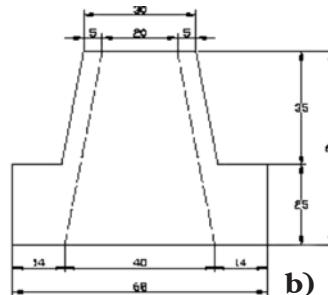
Utilizou-se o ensaio de Kantro (LIBORIO, 2004), para verificar o potencial fluidificante de aditivo do tipo naftaleno sulfonado em pastas de cimentos CP II F 32, CP II Z 32 e CP IV ARI. A relação água-cimento (a/c) utilizada foi de 0,30.

O ensaio de Kantro (Figura 3) consiste em analisar a área de espalhamento de pastas de cimento com diferentes teores de aditivos. A partir desse ensaio, é possível verificar a ação dos aditivos sobre os aglomerantes e determinar o ponto de saturação, ou seja, o teor máximo de aditivo a ser utilizado de modo a se obter uma relação custo-benefício favorável. Além disso, o uso excessivo de aditivos pode comprometer o desempenho de pastas, argamassas e concretos.

Figura 3. Procedimento para a Realização do Ensaio de Kantro.



Tronco de cone.



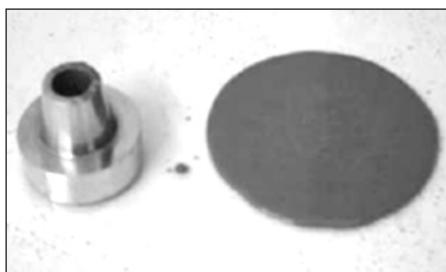
Dimensões do tronco de cone (mm).



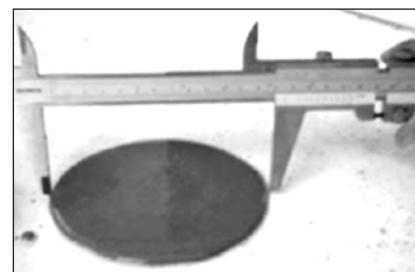
Preenchimento com pasta de cimento.



Mini-tronco preenchido.



Área de espalhamento da pasta de cimento.



Medição do diâmetro máximo.

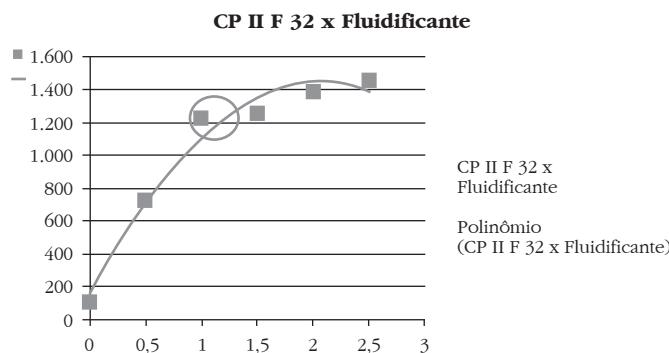
Fonte: LIBORIO e CASTRO, 2004.

Na pesquisa realizada por Castro e Lima (2008), utilizou-se um tronco de cone com dimensões diferentes da apresentada na Figura 3. A base menor possui diâmetro de 80 mm, a base maior possui di-

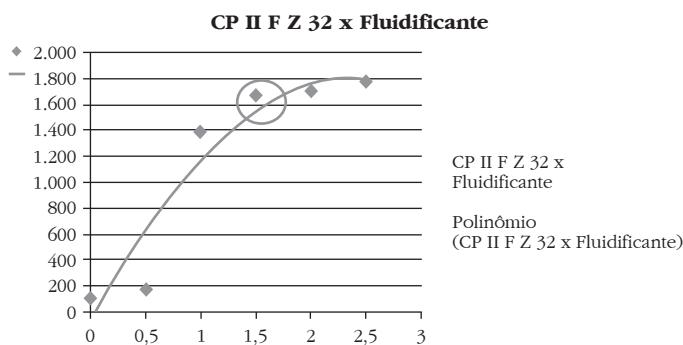
âmetro de 125 mm e a altura total do tronco de cone é de 70 mm.

A Figura 4 apresenta as curvas obtidas a partir da plotagem dos dados de ensaio de Kantro para as três pastas de cimento analisadas. Nas curvas, estão indicados os pontos de saturação para cada tipo de pasta.

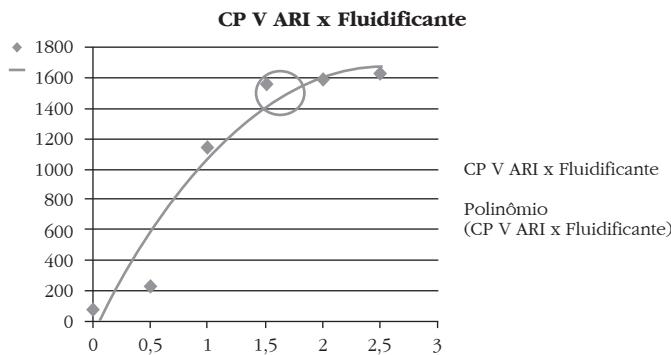
Figura 4. Ensaios de Kantro entre Três Tipos de Cimento e o Mesmo Fluidificante Naftaleno Sulfonado.



Sinergia entre CP II F 32 e um fluidificante naftaleno sulfonado. Ponto de saturação: 1%.



Sinergia entre CP II Z 32 e um fluidificante naftaleno sulfonado. Ponto de saturação: 1,5%.



Sinergia entre CP V ARI e um fluidificante naftaleno sulfonado. Ponto de saturação: 1,5%.

As áreas de espalhamento para o ponto de saturação para as pastas de CP II F 32, CP II Z 32 e CP V ARI foram, respectivamente, de 1225 cm², 1662 cm² e 1555 cm².

PESQUISA 3 – INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ADITIVOS EM PASTAS DE AGLOMERANTES COMPOSTOS

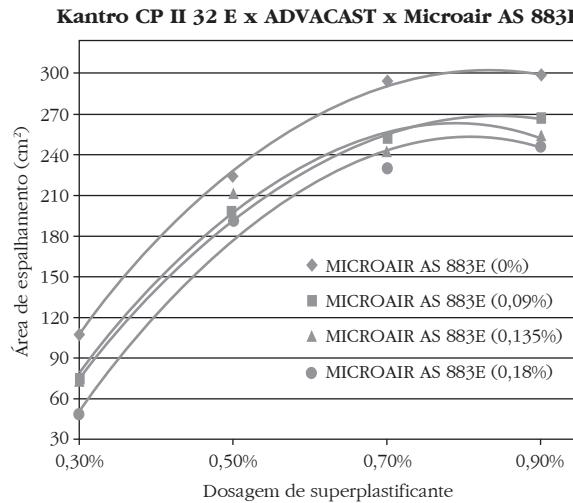
Para investigar a sinergia entre a pasta de um aglomerante composto pelo cimento CP II E 32 e 10% de sílica de ferro silício, em substituição volumétrica, e aditivos superplasticificantes e incorporadores de ar, Lima (2006) realizou o ensaio de Kantro³.

A série de experimentos consistiu em dosar pastas de cimento com relação água-aglomerante (a/agl) de 0,40 e variar o teor de superplasticificante do tipo policarboxilatos de dois fabricantes (Glenium 51 – DEGUSSA e Advacast – GRACE). Para cada pasta dosada com um superplasticificante, variou-se o teor de incorporador de ar (Microair AC e Microair AS883E) de mesmo fabricante (DEGUSSA).

As Figuras 5, 6, 7 e 8 ilustram as curvas plotadas a partir dos dados de ensaio de Lima (2006).

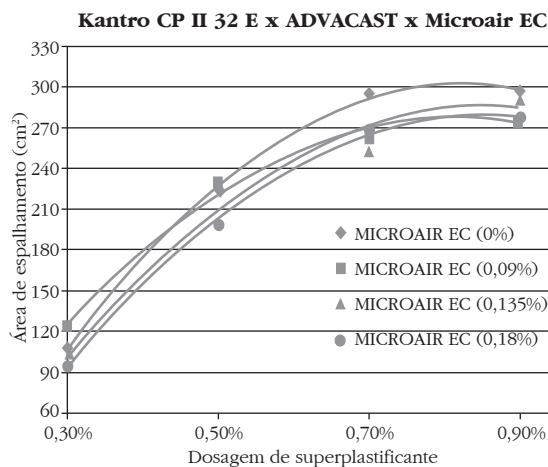
³ Lima (2006) utilizou o tronco de cone ilustrado na Figura 3 para a realização desses ensaios.

Figura 5. Reatividade do Cimento Portland CP II 32 E com o Superplastificante Advacast (Grace®) e o Incorporador de Ar Microair AS883E (Degussa®).



Fonte: LIMA, 2006.

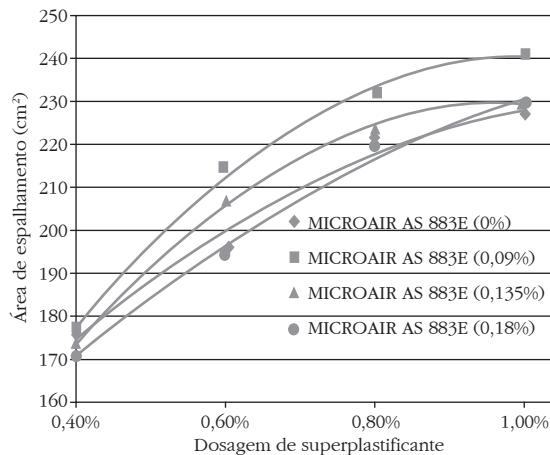
Figura 6. Reatividade do Cimento Portland CP II 32 E com o Superplastificante Advacast (Grace®) e o Incorporador de Ar Microair EC (Degussa®).



Fonte: LIMA, 2006.

Figura 7. Reatividade do Cimento Portland CP II 32 E com o Superplastificante Glenium 51 (Degussa®) e o Incorporador de Ar Microair AS883E (Degussa®).

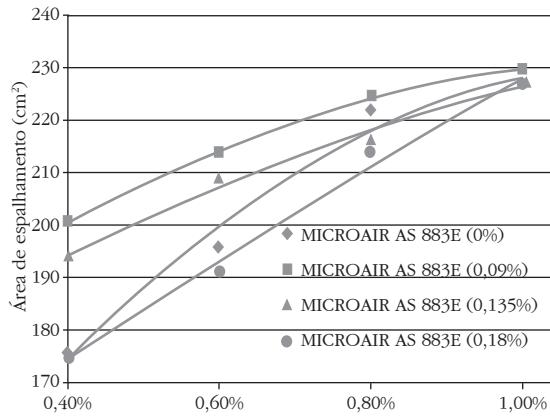
Kantro CP II 32 E x Glenium 51 x Microair AS883E



Fonte: LIMA, 2006.

Figura 8. Reatividade do Cimento Portland CP II 32 E com o Superplastificante Glenium 51 (Degussa®) e o Incorporador de Ar Microair EC (Degussa®).

Kantro CP II 32 E x Glenium 51 x Microair EC



Fonte: LIMA, 2006.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Dos resultados apresentados pela pesquisa desenvolvida por Moraes et al. (2008), o melhor aglomerante, do ponto de vista de resistência mecânica, foi o AGL 5, cuja composição é de 80% de CP II F 32 e 20% de CP V ARI. A resistência da argamassa desse aglomerante composto foi 19% maior que a argamassa dosada com o cimento CP II F 32 e 16% maior que aquela dosada com o cimento CP V ARI. Concluiu-se que houve um empacotamento entre as partículas de cimentos, ou seja, as tais partículas ficaram mais próximas umas das outras, no processo de hidratação, o que favoreceu a diminuição da porosidade da argamassa e, por conseguinte, o aumento da resistência mecânica.

Do mesmo modo, houve um ganho na durabilidade das argamassas, considerando que o índice de absorção de água por imersão diminuiu em 8% em relação à argamassa dosada com o CP V ARI, e 4% em relação àquela dosada com o CP II F 32. O melhor resultado foi obtido com a argamassa dosada com o cimento (AGL 5) composto por 80% de CP II F 32 e 20% de CP V ARI.

A pesquisa desenvolvida por Lima e Castro (2008) mostrou que um mesmo aditivo pode apresentar diferentes ações fluidificantes para diferentes cimentos. A pasta dosada com o cimento CP II F 32 foi a que apresentou menor teor para o ponto de saturação, igual a 1% para uma área de espalhamento de 1.225 cm². As pastas dosadas com os cimento CP II Z 32 e CP V ARI apresentaram o mesmo teor para o ponto de saturação, igual a 1,5%. Entretanto, a pasta do cimento CP II Z 32 apresentou uma área de espalhamento maior que aquela do cimento CP V ARI; a primeira foi de 1.662 cm² e a segunda de 1.555 cm².

Desta pesquisa (LIMA e CASTRO, 2008), observa-se que cimentos com a mesma finura, mas com adições diferentes, conduzem a diferentes comportamentos reológicos no estado fresco, haja vista os teores de saturação das pastas dos aglomerantes CP II F 32 e CP II Z 32.

Outrossim, o cimento de maior finura, CP V ARI, apresentou teor de saturação igual ao do CP II Z 32, embora com uma área de espalhamento 7% menor.

Com base na pesquisa realizada por Lima (2006), pode-se afirmar que a reatividade do aditivo superplasticificante Advacast da Grace mostrou maior eficiência, ou seja, maior área de espalhamento quando adicionado aos aglomerantes (300 mm^2). Entretanto, apresentou efeito adverso quando acrescido à mistura: qualquer um dos dois tipos de incorporadores de ar, diminuindo sua área de espalhamento em 50 mm^2 para o MICROAIR AS 883E e 40 mm^2 para o MICROAIR EC.

Esta inibição contraria as hipóteses feitas para o uso do aditivo incorporador de ar, uma vez que estes melhoram a trabalhabilidade pela presença de bolhas de ar que funcionam como verdadeiros rolamentos internos à mistura, lubrificando e facilitando sua homogeneização.

A reatividade entre os aglomerantes e o superplasticificante da Grace produziu área de espalhamento em torno de 25% maior que os aditivos da Degussa.

A área de espalhamento de 240 mm^2 , obtida pela composição Glenium 51 e MICROAIR AS883, foi maior que a obtida pela composição Glenium 51 e MICROAIR EC, de 230 mm^2 .

CONCLUSÕES

Com base nas pesquisas ora apresentadas, é possível elencar as seguintes conclusões:

- A composição química dos aglomerantes influencia o comportamento mecânico, a durabilidade e a reologia de pastas, de argamassas e de concretos;
- O conhecimento dos diferentes tipos de cimento no mercado brasileiro, bem como suas respectivas características, é imprescindível para a dosagem de pastas, argamassas e concretos;
- O empacotamento de cimentos de diferentes granulometrias ou finuras em proporções empiricamente analisadas pode potencializar as principais vantagens de cada cimento utilizado na montagem do novo aglomerante;
- A sinergia entre aglomerantes e aditivos deve ser criteriosamente analisada, a fim de que se obtenham os resultados esperados, visando a uma uti-

lização de maneira otimizada e com uma relação custo-benefício favorável;

– Aditivos iguais produzem comportamentos reológicos distintos para aglomerantes distintos;

– A utilização de dois aditivos em pastas, argamassas e concretos deve ser previamente analisada, a fim de se averiguar a sinergia entre esses produtos, pois, em algumas combinações, um aditivo pode minimizar ou até anular o efeito do outro aditivo.

REFERÊNCIAS

ABCP. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br>>. Acesso em: 24 fev. 2008a.

_____. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/basico_sobre_cimento>. Acesso em: 25 fev. 2008b.

ARMELIN, H.; ISAIA, G. C.; LIMA, M. G. Influência dos aditivos na hidratação das pastas de cimento Portland. In: SEMINÁRIO APRESENTADO AO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL E URBANA. *Resumo...* São Paulo: [s.n.], 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5732*. Cimento Portland comum – especificação. Rio de Janeiro, 1991.

_____. *NBR 5733*. Cimento Portland de alta resistência inicial – especificação. Rio de Janeiro, 1991.

_____. *NBR 5735*. Cimento Portland de alto forno – especificação. Rio de Janeiro, 1991.

_____. *NBR 11578*. Cimento Portland composto – especificação. Rio de Janeiro, 1991.

_____. *NBR 5736*. Cimento Portland pozolânico – especificação. Rio de Janeiro, 1992.

_____. *NBR 5737*. Cimento Portland resistente a sulfatos – especificação. Rio de Janeiro, 1992.

_____. *NBR 12989*. Cimento Portland branco – especificação. Rio de Janeiro, 1993.

_____. *NBR 13116*. Cimento Portland de baixo calor de hidratação. Rio de Janeiro, 1994.

_____. *NBR 9779*. Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 1995.

_____. *NBR NM 23. Cimento Portland – determinação da massa específica*. Rio de Janeiro, 1998.

CASTRO, A. R.; LIMA, S. M. de. Sinergia entre aglomerantes e aditivos fluidificantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA DE MATERIAIS (CBCiMat), 18., 2008, Recife. *Anais...* Recife: CBCiMat, 2008.

COSTENARO, F. L. *Desenvolvimento de concreto de alto desempenho com adições de cinza e sílica da casca do arroz*. São Paulo, 2003. Dissertação (Mestrado), Interunidades em Ciências e Engenharia de Materiais, EESC/IQSC/IFSC – USP.

LIBORIO, J. B. L. Concreto de alto desempenho – uma tecnologia simples para produção de estruturas duráveis. *Revista Techene*, [s.l.], dez. 2004.

_____.; CASTRO, A. L. A importância da avaliação reológica de pastas com e sem sílica ativa para produção de concretos estruturais com cimento Portland para obras marítimas. In: SEMINÁRIO E WORKSHOP EM ENGENHARIA OCEÂNICA, 2004, Rio Grande-RS. *Anais...* Rio Grande-RS: [s.n.], 2004. 1 CD ROM. (Artigo n. 33.)

LIMA, S. M. de. *Concreto de alto desempenho em ambientes com baixas temperaturas*. São Paulo, 2006. Dissertação (Mestrado), Deptº de Engenharia de Estruturas, EESC – USP.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: IBRACON, 2008.

MORAES, T. N. F. et al. Empacotamento de diferentes tipos de cimento Portland: uma alternativa para o fortalecimento da zona de transição em argamassas. In: CONCREGSSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA DE MATERIAIS, 18., Recife, 2008. *Anais...* Recife: CBCiMat, 2008.

NEVILLE, A. M. *Propriedades do concreto*. São Paulo: Pini, 1997.

