

# **Caracterização das argamassas para revestimento externo utilizadas em Belém/PA (Brasil): estudo do comportamento no estado fresco**

Ludmila R. S. de Mattos<sup>1</sup>; Denise C. C. Dal Molin<sup>2</sup>

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre – Brasil*

Arnaldo M. P. Carneiro<sup>3</sup>

*Universidade Federal do Pará - Belém – Brasil*

## RESUMO

O presente trabalho, que integra uma pesquisa mais ampla (MATTOS, 2001), tem o objetivo de avaliar a influência do saibro e do aditivo incorporador de ar em propriedades no estado fresco de argamassas para revestimento externo, bem como a influência dos dois tipos de cimento mais utilizados na região, através dos ensaios de consistência, retenção de água e massa específica. Na busca de alternativas que melhorem o desempenho destas argamassas, também utilizou-se a adição de 10% de sílica ativa, em relação à massa de cimento, em uma argamassa com saibro e em outra argamassa com aditivo químico. Os resultados obtidos indicam que existe influência significativa do tipo de cimento empregado e do teor de saibro, em relação à quantidade total de agregado. A substituição do saibro pelo aditivo químico, assim como a adição de sílica ativa, nem sempre apresentaram os efeitos esperados.

## 1. INTRODUÇÃO

A NBR 13529 (ABNT, 1995) define o saibro como “solos provenientes de granitos e gnaisses, com minerais parcialmente decompostos, sendo arenosos ou siltosos, com baixo teor de argila e de cor variada”. De um modo mais simples, FERREIRA, citado por GOMES (2000), define o saibro como o material utilizado em argamassas resultante da mistura de areia grossa com uma pequena fração de argila. Esta também é a definição que se costuma ouvir nos canteiros de obra.

A utilização do saibro na cidade de Belém-PA (Brasil) não é muito diferente do que se constata nacionalmente. Seu uso é baseado principalmente na experiência de pedreiros, mestres e engenheiros, fazendo parte da cultura tecnológica local, devido à grande disponibilidade e baixo custo do material, resultando, na maioria dos casos, em argamassas de baixa qualidade, com grande incidência de manifestações patológicas. Como consequência de tal situação, aliada à falta de pesquisas na área, observa-se que, nos últimos três anos, algumas construtoras de Belém substituíram o saibro por aditivos químicos de base orgânica,

---

<sup>1</sup> Eng<sup>a</sup>. Civil. Doutoranda em Engenharia Civil. E-mail: ludmilamattos@bol.com.br

<sup>2</sup> Dr<sup>a</sup>. em Engenharia Civil. Prof<sup>a</sup>. Adjunta. E-mail: dmolin@vortex.ufrgs.br

<sup>3</sup> Dr. em Engenharia Civil. Prof. Adjunto. E-mail: ampc@ufpa.br

comercializados nacionalmente, sem nenhum estudo prévio do seu desempenho com a utilização dos materiais locais, com o propósito de obter argamassas de melhor desempenho.

Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência do saibro e do aditivo químico, nas propriedades no estado fresco das argamassas para revestimento externo mais comumente usadas em Belém-PA, assim como a influência dos tipos de cimento utilizados na região. Os resultados mostrados fazem parte de uma pesquisa que aborda outras propriedades no estado endurecido, relacionadas com resistência mecânica e permeabilidade (MATTOS, 2001), que serão oportunamente publicados.

Como uma proposta para melhorar o desempenho das argamassas de revestimento com saibro e aditivos, estuda-se neste trabalho a adição de sílica ativa, como material pozolânico, pois algumas das suas propriedades podem ser melhoradas, como por exemplo: o aumento da retenção de água e da trabalhabilidade e, a redução da permeabilidade. Vale ressaltar que, a adição de sílica ativa em argamassas não é de uso comum em Belém, apesar do estado do Pará possuir uma das fábricas existentes no Brasil.

## 2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

A partir de uma pesquisa exploratória em empresas de construção civil, por meio de um levantamento (MATTOS, 2001), com o objetivo de identificar os traços mais utilizados para argamassas de revestimento externo em Belém, foram selecionadas as argamassas da tabela 1, onde foram realizados em laboratório ensaios de consistência (NBR 7215, 1996), retenção de água (NBR 13277, 1995) e massa específica no estado fresco (NBR 13278, 1995). O índice de consistência foi estabelecido em  $265 \pm 15$  mm, por representarem as condições mais usuais de utilização e com base em outros trabalhos de tecnologia de argamassas (CARNEIRO, 1999; TRISTÃO, 1995). Também foi identificado o aditivo incorporador de ar mais utilizado pelas empresas, adotado neste trabalho.

**Tabela 1** -Traços utilizados para o estudo das argamassas – em massa.

Traço	Materiais				
	cimento	saibro	areia	aditivo*	sílica ativa*
T1	1	0,64	3,69	-	-
T2	1	0,76	5,29	-	-
T3	1	1,52	4,41	-	-
T4	1	0,64	3,69	-	10 %
T5	1	-	3,69	0,8 %	-
T6	1	-	3,69	0,8 %	10 %

\* Percentual em massa, com relação ao cimento.

O teor de adição de sílica ativa é igual a 10% porque, segundo diversos estudos na área de tecnologia do concreto e em argamassas para reparos e reforços estruturais, este teor é considerado como o ideal para otimizar seu uso, no entanto, com relação água/cimento menor que a utilizada em argamassas de revestimento.

### 2.1 Caracterização dos materiais

#### 2.1.1 Cimento

Utilizou-se os cimentos CP II - Z 32 (cimento A) e CP II - Z 32 RS (cimento B), provenientes de empresas distintas. As características fornecidas pelos fabricantes constam na tabela 2, sendo que a massa específica (NBR 6474, 1984) e a resistência à compressão (NBR 7215, 1996) foram determinadas nos laboratórios da UFRGS.

**Tabela 2 - Características dos cimentos utilizados.**

Determinações		Resultados obtidos		Especificações da NBR 11578
		cimento A	cimento B	
Composição potencial do clínquer	C <sub>3</sub> S	68,33 %	58,8 %	-
	C <sub>2</sub> S	5,02 %	15 %	-
	C <sub>3</sub> A	9,0 %	7,1 %	-
	C <sub>4</sub> AF	9,07 %	10,4 %	-
Resíduo insolúvel		12,91 %	11,14 %	≤ 16
Perda ao fogo		3,82 %	5,54 %	≤ 6,5
Óxido de magnésio (MgO)		3,25 %	2,71 %	≤ 6,5
Trióxido de enxofre (SO <sub>3</sub> )		3,42 %	3,11 %	≤ 4
Finura	Resíduo na peneira 75 µm	2,3 %	1,4 %	≤ 12 %
	Área específica	560,5 m <sup>2</sup> /kg	456 m <sup>2</sup> /kg	≥ 260 m <sup>2</sup> /kg
Massa específica		2,99 kg/dm <sup>3</sup>	2,92 kg/dm <sup>3</sup>	-
Início de pega		2:35 h	2 h	≥ 1 h
Fim de pega		4:15 h	3:10 h	≤ 10 h
Resistência à compressão	3 dias	18,9 MPa	17,5 MPa	≥ 10 MPa
	7 dias	32,9 MPa	24,3 MPa	≥ 20 MPa
	28 dias	38,0 MPa	35,7 MPa	≥ 32 MPa

### 2.1.2 Agregado miúdo

Utilizou-se areia quartzosa proveniente do município de Santo Antônio do Tauá, distante 60 km de Belém, onde suas características são apresentadas na tabela 3. A massa unitária foi realizada conforme a MB 3324 (ABNT, 1990), em vez do procedimento tradicional da NBR 7251 (ABNT, 1982), visto que este seria um dos métodos mais indicados para areias a serem empregadas na produção de argamassas (CINCOTTO e CARNEIRO, 1999).

**Tabela 3 - Características do agregado miúdo – areia.**

Determinações	Método de ensaio	Resultados obtidos		
		Abertura da peneira	Porcentagem retida (em massa)	
Composição granulométrica	NBR 7217	ABNT (mm)	individual	acumulada
		4,8	0	0
		2,4	0	0
		1,2	0	0
		0,6	4	4
		0,3	28	32
		0,15	56	88
		0,075	8	96
		< 0,075	4	100
Dimensão máx. caract.	NBR 7217	0,6 mm		
Módulo de finura	NBR 7217	1,24		
Massa específica	NBR 9776	2,64 kg/dm <sup>3</sup>		
Massa unitária	MB 3324	1,57 kg/dm <sup>3</sup>		
Material pulverulento	NBR 7219	7,3 %		
Umidade crítica	NBR 6467	2,5 %		
Coef. de inchamento	NBR 6467	1,53		

### 2.1.3 Saibro

Foram retiradas amostras em seis pontos diferentes da jazida de saibro em exploração mais representativa, ao longo de um dia de produção, cujas características estão na tabela 4. A granulometria foi realizada após dispersão em solução de hexametáfosfato de sódio.

**Tabela 4 - Características físicas do saibro utilizado.**

Determinações	Método de ensaio	Resultados obtidos		
		Abertura da peneira	Porcentagem retida (em massa)	
Composição granulométrica	NBR 7181	ABNT (mm)	individual	acumulada
		4,8	0,03	0,03
		2	0,08	0,11
		0,84	1,06	1,17
		0,6	1,61	2,78
		0,42	7,74	10,52
		0,25	16,16	26,68
		0,15	28,04	54,72
		0,075	11,02	65,74
		< 0,075	34,26	100
Massa específica	NBR 6508	2,69 kg/dm <sup>3</sup>		
Massa unitária	MB 3324	1,31 kg/dm <sup>3</sup>		
Limite de liquidez	NBR 6459	23 %		
Limite de plasticidade	NBR 7180	14 %		
Índice de plasticidade	NBR 7180	9 %		

Conforme a granulometria, o saibro constitui-se de 69% de areia, 8% de silte e 23% de argila, de acordo com as especificações da NBR 6502 (ABNT, 1995). A análise mineralógica por difratometria de raios-x indicou a presença de quartzo e caulinita.

### 2.1.4 Sílica ativa

Utilizou-se sílica ativa proveniente de uma fábrica de silício metálico, localizada em Tucuruí/PA - Brasil, do tipo não densificada, fornecida na forma de pó. As características químicas e físicas constam na tabela 5, fornecidas pelo fabricante.

**Tabela 5 - Características químicas e físicas da sílica ativa utilizada.**

Características	Determinações	Valores
Químicas	SiO <sub>2</sub>	95,1 %
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10 %
	CaO	0,24 %
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09 %
	MgO	0,44 %
	Na <sub>2</sub> O	0,22 %
	K <sub>2</sub> O	0,93 %
	Perda ao fogo	2,32 %
	Físicas	Massa específica
Superfície específica		14,2 m <sup>2</sup> /g
Umidade		0,67
Densidade		0,40
pH		8,48

Quanto à granulometria da sílica ativa, foram realizadas 4 análises através do granulômetro a laser, em diferentes laboratórios, obtendo-se um diâmetro médio variando entre 4,81 e 13  $\mu\text{m}$ . Mesmo não apresentando uma granulometria típica, este material ainda se encontra dentro da faixa granulométrica das pozolanas normalmente utilizadas (cinza de casca de arroz e cinza volante), conforme ABREU (1998). Porém, esta situação indica que a sílica ativa pode perder sua eficiência, principalmente na ação física observada em argamassas e concretos, devido ao efeito microfíler.

#### 2.1.5 Aditivo

Utilizou-se aditivo incorporador de ar de fabricação nacional e de composição organo-sintética, ou seja, os componentes ativos básicos são resíduos da destilação de resina de pinho e resina de breu, segundo o fabricante. O produto é comercializado na forma líquida, com massa específica igual a 1,0  $\text{kg}/\text{dm}^3$ . O fabricante recomenda o uso de 200 ml/50 kg de cimento, porém devido à variação na dosagem utilizada pelas empresas, foi adotado o consumo de uma das empresas participantes da pesquisa, igual a 400 ml/50 kg de cimento, correspondente a 0,8% da massa de cimento.

### 3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a análise dos resultados, as argamassas foram divididas em dois grupos, com exceção da avaliação da trabalhabilidade. O **grupo I** compreende as argamassas T1, T2, T3 e T4, para ambos os tipos de cimento, que permite avaliar a influência do teor de saibro e dos agregados nas argamassas, além de avaliar os efeitos da adição de sílica ativa na argamassa com saibro. O **grupo II** compreende as argamassas T5 e T6, além das argamassas T1, as quais serão consideradas como referência, para ambos os tipos de cimento, onde serão avaliados a substituição do saibro pelo aditivo incorporador de ar, bem como os efeitos da adição de sílica ativa na argamassa com aditivo.

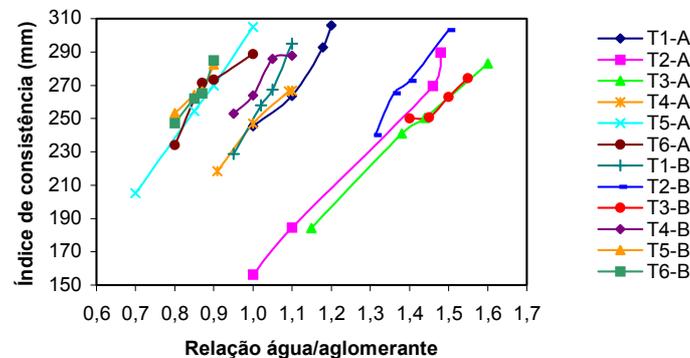
Procedeu-se uma análise estatística dos dados (NANNI e RIBEIRO, 1992), verificando-se a influência dos traços e tipos de cimento, bem como a interação entre os mesmos, através da análise de variância, com um nível de confiança de 95%. Utilizou-se também a comparação múltipla de médias para as argamassas com o mesmo cimento.

#### 3.1 Trabalhabilidade

Apesar do consenso no meio técnico que a trabalhabilidade é uma propriedade importante, devido à sua complexidade ainda é de difícil quantificação. Embora existam métodos de ensaio que indiretamente buscam esta avaliação, diversos autores, dentre eles GALLEGOS (1995) e TRISTÃO (1995), consideram que nenhum dos métodos pode fornecer este valor, porque esta propriedade também depende das características do substrato e da experiência do pedreiro.

A trabalhabilidade é de difícil quantificação devido à influência conjunta de diversas variáveis, como a relação água/aglomerante, relação aglomerante/agregado miúdo, forma dos grãos e distribuição granulométrica do agregado e teor de ar incorporado, além da natureza e da qualidade dos aglomerantes.

Desta forma, normalmente a trabalhabilidade é caracterizada através da consistência<sup>4</sup> e da plasticidade<sup>5</sup>, ocorrendo muitas vezes o equívoco de adotar os termos trabalhabilidade, plasticidade e consistência como sinônimos. A figura 1 mostra a variação do índice de consistência em função da relação água/aglomerante, durante o ensaio preliminar realizado com o objetivo de determinar a relação água/aglomerante necessária para atingir o índice de consistência especificado.



**Figura 1** - Variação do índice de consistência das argamassas com a relação água/aglomerante.

Observa-se a existência de três faixas de comportamento, onde cada faixa compreende 2 traços, para os diferentes tipos de cimento. A primeira faixa, localizada à direita, compreende os traços T2-A, T2-B, T3-A e T3-B, os quais apresentam as maiores relações água/aglomerante ao se fixar determinado índice de consistência. Estes traços apresentam os maiores valores para a relação agregado/aglomerante e para aumentar a trabalhabilidade é necessário o aumento da quantidade de água, resultando em aumento da relação água/aglomerante, onde este comportamento também é influenciado pela finura dos agregados e pela elevada uniformidade da areia. Desta forma, existe necessidade de uma maior relação água/aglomerante para obter o volume de pasta suficiente para envolver os agregados.

A segunda faixa, localizada no centro, compreende os traços T1-A, T1-B, T4-A e T4-B, possui uma relação água/aglomerante inferior a da primeira faixa, considerando-se um mesmo índice de consistência. Esta situação é decorrente destas argamassas apresentarem relação agregado/aglomerante inferior ao observado nas argamassas da primeira faixa. Com o maior consumo de cimento, a relação água/aglomerante reduz, sendo esta maior quantidade de cimento a responsável pelo aumento da quantidade de pasta e pela maior trabalhabilidade, em relação às argamassas da primeira faixa (para uma mesma relação água/aglomerante). A adição de sílica ativa aos traços T4 poderia ter elevado as relações água/aglomerante devido ao aumento do teor de finos, no entanto, as argamassas T1 e T4 apresentaram relações água/aglomerante semelhantes. Isto demonstra que apesar da elevada superfície específica da sílica ativa, a sua forma esférica facilita o “rolamento” entre os grãos da mistura, compensando, em parte, a demanda de água necessária para a molhagem de suas partículas.

O aumento do consumo de água decorrente do aumento do teor de materiais finos está de acordo com a literatura que estuda argamassas dosadas sem o critério da curva granulométrica. Esta situação mostra a importância da modificação que vem ocorrendo no estudo de dosagem, pois no trabalho de CARNEIRO (1999) as argamassas foram dosadas através de curvas granulométricas contínuas, onde misturas com elevados teores de materiais finos apresentaram redução no consumo de água.

<sup>4</sup> Termo que caracteriza a resistência à deformação das argamassas, sob a ação de uma carga (CARASEK e DJANIKIAN, 1993).

<sup>5</sup> Termo que caracteriza a capacidade das argamassas manterem a deformação sofrida ao se reduzir a carga atuante (CARASEK e DJANIKIAN, 1993).

As argamassas da terceira faixa, localizada à esquerda, constituem-se dos traços T5-A, T5-B, T6-A e T6-B, apresentando as menores relações água/aglomerante, para um determinado índice de consistência, devido ao emprego de aditivo incorporador de ar no lugar do saibro e, conseqüentemente, aos mais baixos teores de agregado, em relação às demais argamassas em estudo.

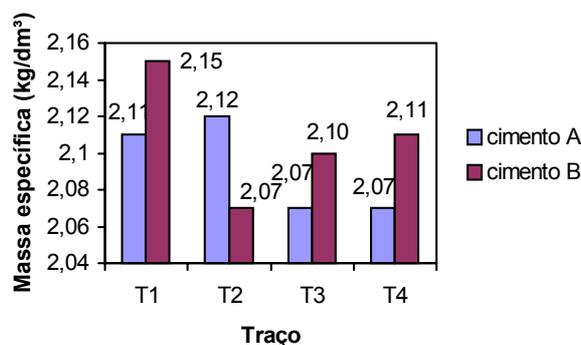
O teor de saibro não influenciou o consumo de água, pois as argamassas T2 e T3 (com teores de cimento semelhantes) apresentaram valores próximos para a relação água/aglomerante, mesmo com os traços T2 apresentando a menor quantidade de saibro e os traços T3 apresentando a maior quantidade deste material. Com relação aos tipos de cimento, para uma mesma relação agregado/aglomerante, as argamassas produzidas com o cimento A (mais fino) demandaram maior quantidade de água, em função do aumento da área a ser molhada pela água de amassamento.

### 3.2 Massa específica no estado fresco

A massa específica aparente é um parâmetro que fornece indiretamente informações qualitativas acerca da compacidade da mistura, visto que, de um modo geral, ao serem comparadas argamassas constituídas de materiais de massa específica iguais, mas com volume de vazios distintos, a argamassa de menor volume de vazios apresenta maior massa específica. Quanto maior o teor de ar incorporado, maior a trabalhabilidade da argamassa, porém, em excesso, pode reduzir a resistência de aderência dos revestimentos.

#### a) Grupo I

Através da análise de variância, constatou-se que os fatores traço, cimento e a interação entre estes fatores influenciam na massa específica aparente no estado fresco (MATTOS, 2001). De acordo com a figura 2, as argamassas produzidas com o cimento A apresentaram valores entre 2,07 e 2,12 kg/dm<sup>3</sup>, enquanto que as argamassas produzidas com o cimento B apresentaram uma faixa ligeiramente mais ampla, entre 2,07 e 2,15 kg/dm<sup>3</sup>.

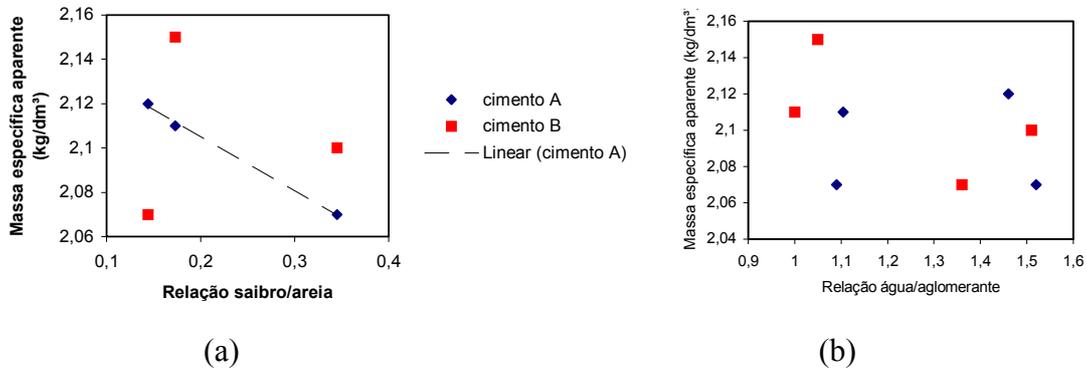


**Figura 2** - Massa específica aparente no estado fresco das argamassas do grupo I.

Os traços T3-A e T4-A apresentaram os mais baixos valores, cerca de 1,9% inferiores ao constatado para o traço T1-A. De acordo com a comparação múltipla de médias não existem diferenças significativas entre T3-A e T4-A e entre T1-A e T2-A. Para o cimento B, o traço T2-B apresentou a mais baixa massa específica, por volta de 3,7% inferior ao traço T1-B. Não foi constatada diferença significativa entre os traços T3-B e T4-B. Porém, esperava-se que a adição de sílica ativa contribuísse para uma melhor distribuição granulométrica das misturas T4, com o conseqüente aumento da massa específica.

Existe tendência de correlação bem definida, apenas para o cimento A, entre o teor de saibro e a massa específica, conforme a figura 3a, para os traços T1, T2 e T3. Entretanto, para o cimento B, nota-se uma queda de massa específica ao passar da relação saibro/areia 0,173

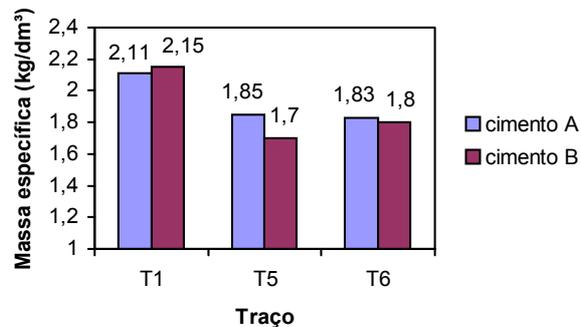
para 0,345. Pode-se especular que o aumento do teor de saibro reflete em redução da massa específica, possivelmente devido ao aumento do teor de ar incorporado. Também não foi verificada correlação entre a variação da massa específica com a relação água/aglomerante, de acordo com a figura 3b. Acredita-se que a adoção de uma faixa de consistência situada entre 250 e 280 mm, e até mesmo o método de ensaio utilizado, durante a operação de rasamento do recipiente possam ter influenciado o comportamento mostrado nas figuras 3a e 3b.



**Figura 3** - Variação da massa específica no estado fresco:  
a) com a relação saibro/areia.  
b) com a relação água/aglomerante – grupo I.

#### a) Grupo II

Segundo a análise de variância (MATTOS, 2001), os fatores traço, cimento e a interação entre os mesmos influenciam esta propriedade, tendo o mesmo comportamento do grupo I. As argamassas produzidas com o cimento A apresentaram valores entre 1,85 e 2,13 kg/dm<sup>3</sup>, enquanto que as argamassas produzidas com o cimento B encontram-se uma faixa entre 1,71 e 2,16 kg/dm<sup>3</sup>, conforme a figura 4.

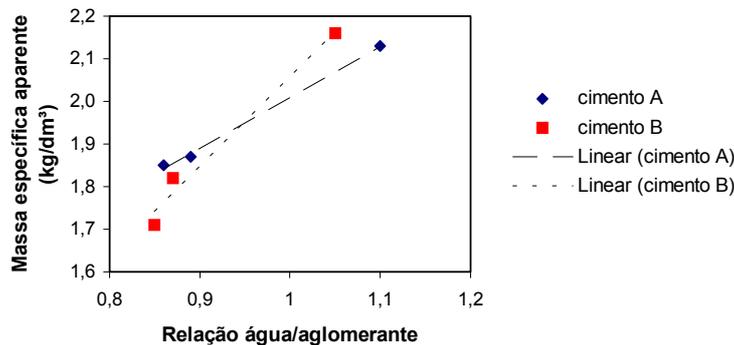


**Figura 4** - Massa específica aparente no estado fresco das argamassas do grupo II.

O traço T5-B apresentou a mais baixa massa específica, onde a adição de sílica ativa ao traço T6-B pode ter contribuído para um melhor empacotamento da mistura, aumentando assim sua massa específica por volta de 5,5%, em relação ao traço T5-B. Por outro lado, esta adição não exerceu nenhuma influência no traço T6-A, porque a comparação múltipla de médias constatou que não existem diferenças significativas entre as argamassas T5-A e T6-A, provavelmente devido à maior finura do cimento A. Estas argamassas com aditivo incorporador de ar, por serem mais leves do que as argamassas com saibro, podem melhorar bastante a trabalhabilidade ao facilitar seu manuseio e aplicação.

Ao contrário do observado entre as argamassas do grupo I, a figura 5 mostra a tendência de correlação bem definida entre a variação da massa específica com a relação

água/aglomerante. Pode-se observar que o aumento da relação água/aglomerante reflete em aumento da massa específica.



**Figura 5** - Variação da massa específica no estado fresco com a relação água/aglomerante – grupo II.

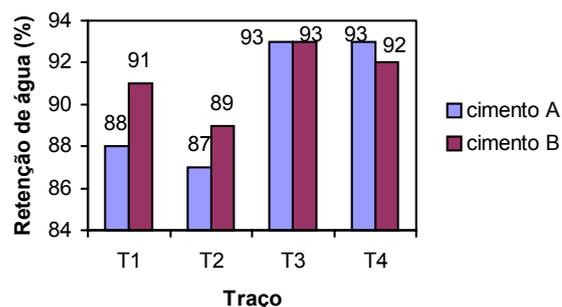
### 3.3 Retenção de água

Em argamassas para revestimento, a retenção de água influencia no tempo disponível para sua aplicação, regularização e desempenho, assim como afeta algumas propriedades no estado endurecido ao influenciar nas reações dos aglomerantes durante a cura, porém, esta propriedade pode variar em função das condições do ambiente e das características de absorção da base. A retenção de água está relacionada com a retenção de consistência, porque a argamassa tende a conservar a água necessária para molhar a superfície dos materiais, possibilitando que as reações de hidratação dos aglomerantes se processem.

A retenção de água também influencia na retração por secagem, que é uma das principais causas de fissuração das argamassas no estado endurecido, devido à velocidade de evaporação da água de amassamento, prejudicando a estanqueidade e a durabilidade do revestimento (CARNEIRO, 1999). O ensaio da norma brasileira especifica que a sucção da água deve ser feita por meio de discos de papel filtro empilhados e pressionados, durante dois minutos, sobre a superfície da argamassa contida num molde. A retenção de água é a relação entre a massa de água retida pela argamassa, após a sucção, e a massa de água inicial, expressa em porcentagem.

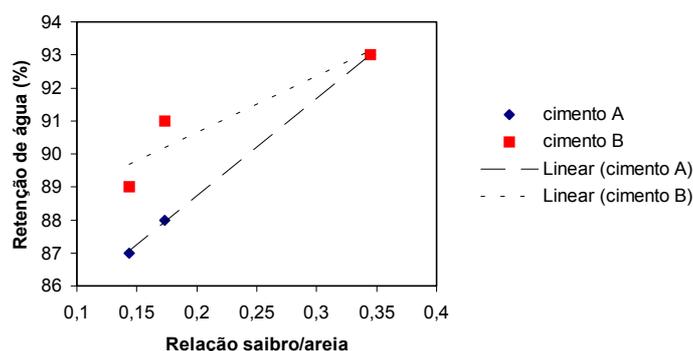
#### a) Grupo I

Somente o traço exerce influência significativa sobre a retenção de água, segundo a análise de variância (MATTOS, 2001), cujos valores foram considerados satisfatórios. Conforme indicado na figura 6, as argamassas compostas com o cimento A estão numa faixa compreendida entre 87% e 93%, enquanto que as argamassas compostas com o cimento B encontram-se entre 89% e 93%.



**Figura 6** - Retenção de água das argamassas do grupo I.

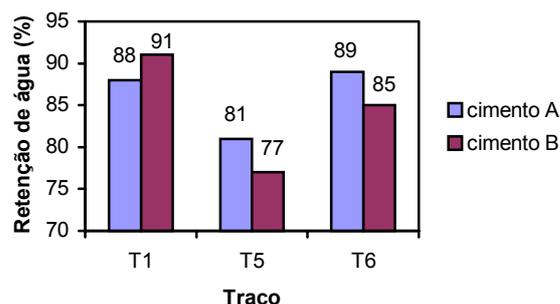
As argamassas T3 e T4 apresentaram valores de retenção superiores aos observados nos traços T1. A presença de sílica ativa no traço T4-A contribuiu para o aumento do teor de finos da argamassa, com a vantagem deste traço apresentar menor consumo de saibro do que a argamassa T3-A. Entretanto, não se observou a influência da sílica ativa na melhoria da retenção de água do traço T4-B, em relação à argamassa T1-B. Através da comparação múltipla de médias, verificou-se que não existem diferenças significativas entre T1-A e T2-A e entre T3-A e T4-A, bem como entre as argamassas T1-B e T4-B e entre T3-B e T4-B. A figura 7 mostra o melhor desempenho das argamassas T3, para ambos os tipos de cimento, que apresentam maior quantidade de saibro em relação às demais.



**Figura 7** - Variação da retenção de água com a relação saibro/areia.

## b) Grupo II

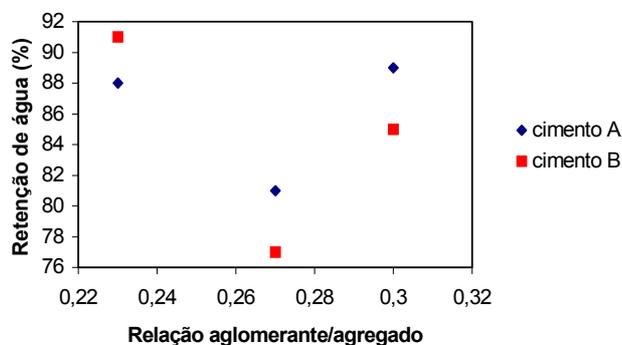
De acordo com a análise de variância (MATTOS, 2001), os fatores cimento, traço e a interação entre os mesmos influenciam esta propriedade. Os traços também apresentaram valores satisfatórios de retenção, com exceção da argamassa T5-B, que apresentou retenção igual a 77%. As argamassas produzidas com o cimento A encontram-se entre 81% e 89%, enquanto que as argamassas produzidas com o cimento B encontram-se numa faixa maior, compreendida entre 77% e 91%, de acordo com a figura 8.



**Figura 8** - Retenção de água das argamassas do grupo II.

As argamassas T5 apresentaram desempenho inferior ao dos traços T1, principalmente para o cimento B, onde houve uma redução da ordem de 14%. Porém, este resultado vai ao encontro do obtido por RAGO et al. (1994), ao substituir a cal por aditivos incorporadores de ar. Deste modo, pode-se concluir que a substituição do saibro pelo aditivo incorporador de ar resultou em baixa retenção, sendo mais eficiente o uso do aditivo com a adição de sílica ativa, principalmente para o cimento A, pois não existem diferenças significativas entre as argamassas T1-A e T6-A, segundo a comparação múltipla de médias. Dentre as argamassas produzidas com o cimento B, o traço T6-B, mesmo sendo 8% superior ao valor do traço T5-B, ainda apresentou uma retenção 6% inferior à retenção apresentada pelo traço T1-B.

A Figura 9 mostra a variação da retenção de água com a relação aglomerante/agregado, onde observa-se que não existe tendência de correlação bem definida. Acredita-se que nesta situação os vazios incorporados pelo aditivo exerçam maior influência do que o teor de cimento empregado.



**Figura 9** - Variação da retenção de água com a relação aglomerante/agregado – grupo II.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As argamassas apresentaram 3 faixas de comportamento com relação à variação do índice de consistência. O aumento no consumo de água deveu-se principalmente ao maior teor de agregados, para obter o volume de pasta suficiente para envolvê-los. As argamassas produzidas com o cimento B necessitaram de menor quantidade de água, para uma mesma relação agregado/aglomerante. Quanto à massa específica no estado fresco e à retenção de água, os fatores traço, cimento e a interação entre os mesmos influenciam estas propriedades. A adição de sílica ativa aos traços T4 e T6 não representou melhoria de desempenho em relação aos traços T1.

O uso do aditivo incorporador de ar nas argamassas contribuiu para a redução da relação água/aglomerante e da massa específica no estado fresco, porém não melhorou a retenção de água, quando comparadas com as argamassas contendo saibro. Novos ensaios devem ser realizados para avaliar a influência destas características no revestimento aplicado, com o decorrer do tempo. A substituição do saibro pelo aditivo incorporador de ar foi mais eficaz com a adição de sílica ativa na retenção de água, principalmente para o cimento A.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. G. **Efeito das adições minerais na resistividade elétrica de concretos convencionais**. Porto Alegre, 1998. 126p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CARASEK, H.; DJANIKIAN, J. G. Avaliação da trabalhabilidade para argamassas de assentamento e revestimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO, 1., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1993. p. 407-426.

CARNEIRO, A. M. P. **Contribuição ao estudo da influência do agregado nas propriedades de argamassas compostas a partir de curvas granulométricas**. São Paulo, 1999. 170p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CINCOTTO, M. A.; CARNEIRO, A. M. P. Discussão dos métodos de determinação da massa unitária de areia para argamassas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 3., 1999, Vitória. **Anais...** Vitória, 1999. p. 59-68.

GALLEGOS, H. Adhesión entre el mortero y las unidades de albañilería. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1., 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1995. p. 117-133.

GOMES, A. de O. **Influência dos argilominerais nas propriedades das argamassas de revestimento em Salvador: uma contribuição à qualidade ambiental**. Salvador, 2000. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.

MATTOS, L. R. DA S. **Argamassas para revestimento externo utilizadas na cidade de Belém-PA**. Porto Alegre, 2001. Dissertação (Mestrado em andamento). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

NANNI, L. F.; RIBEIRO, J. L. **Planejamento e avaliação de experimentos**. Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, 1992, 213p. 2. ed. (Caderno de Engenharia, 17).

RAGO, F. et al. Desempenho de argamassas de revestimento mistas e aditivadas – metodologia de avaliação. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5., 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1994, p. 71-83.

TRISTÃO, F. A. **Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento**. Florianópolis, 1995. 197p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.