

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM PATOLOGIA NAS OBRAS CIVIS

IEDA MARIA FAGUNDES ZANOLLA

**INFLUÊNCIA DOS TEORES RELATIVOS DE MATERIAIS EM ARGAMASSAS  
DE REVESTIMENTO COM AREIA NATURAL DE RIO E FILER DE  
AGLOMERANTE CALCÁRIO COM DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA  
SIMILAR**

São Leopoldo

2016

IEDA MARIA FAGUNDES ZANOLLA

**INFLUÊNCIA DOS TEORES RELATIVOS DE MATERIAIS EM ARGAMASSAS  
DE REVESTIMENTO COM AREIA NATURAL DE RIO E FILER DE  
AGLOMERANTE CALCÁRIO COM DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA  
SIMILAR**

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Patologia nas Obras Civas, pelo Curso de Especialização em Patologia nas Obras Civas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientador: Prof. Dr. Claudio de Souza Kazmierczak

São Leopoldo  
2016

**INFLUÊNCIA DOS TEORES RELATIVOS DE MATERIAIS EM ARGAMASSAS  
DE REVESTIMENTO COM AREIA NATURAL DE RIO E FILER DE  
AGLOMERANTE CALCÁRIO COM DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA  
SIMILAR**

Ieda M<sup>a</sup> Fagundes Zanolla<sup>1</sup>

Prof. Dr. Claudio de Souza Kazmierczak<sup>2</sup>

**RESUMO**

O presente artigo tem por objetivo avaliar a influência dos teores relativos de materiais em argamassas de revestimento com areia natural de rio e filer de aglomerante calcário nas propriedades destas argamassas, fazendo uso de um software para a dosagem dos materiais baseado no melhor empacotamento dos grãos, que configura às argamassas uma distribuição granulométrica similar, considerada a de empacotamento ótimo para os materiais utilizados. Definido o percentual em volume do cimento tipo CP IIF 40, da cal dolomítica hidratada CH I e da areia natural de rio foram feitos fracionamentos do agregado miúdo, de forma a obter diferentes granulometrias com a presença ou não de filer para compor os traços das argamassas. Confeccionadas as argamassas foram determinadas as suas principais propriedades no estado fresco e endurecido, bem como do sistema de revestimento aplicado sobre bloco estrutural de cerâmica vermelha. A dosagem realizada através do software resultou em argamassas com um bom empacotamento dos grãos e que atingiram valores semelhantes em suas principais propriedades. Observou-se a interferência da presença de filer nos teores de água de amassamento das misturas e conseqüentemente na trabalhabilidade e retração do revestimento argamassado, bem como nos valores resultantes de resistência à compressão e resistência à tração na flexão das argamassas de revestimento. Quanto à resistência de aderência foram atingidos valores similares para os traços utilizados. Os resultados obtidos nos traços com a adição de filer, com relação ao mesmo traço sem filer, não demonstram alterações de grande magnitude nas propriedades das argamassas.

**Palavras-chave:** Argamassa de revestimento. Filer de agregado miúdo. Empacotamento. Propriedades das argamassas.

---

<sup>1</sup> Aluna do curso de especialização em Patologias nas Obras Civis, e Engenheiro Civil (PUCRS, 2004).  
E-mail: ieda.zanolla@gmail.com.

<sup>2</sup> Orientador do artigo, doutor em Engenharia Civil (USP, 1995); Engenheiro civil (UFRGS, 1985).  
E-mail: claudiok@unisin.br.

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar do grande avanço tecnológico de metodologias construtivas e dos materiais de construção, um dos sistemas de revestimento mais utilizados para proteger alvenarias e estruturas de concreto nas edificações é o revestimento argamassado. Porém, não obstante sua grande utilização ainda é necessário aprofundar o entendimento sobre suas propriedades físicas e mecânicas, suas características e seu comportamento quando sujeito a variações climáticas. Uma das propriedades mais importantes para compreender o seu comportamento é a sua capacidade de aderência ao substrato. A aderência, segundo Kazmierczak (2007) está diretamente relacionada ao surgimento de manifestações patológicas nas edificações, tornando-se uma grande preocupação para as construtoras, pois compromete seu desempenho e sua durabilidade. A aderência entre o substrato e a base está relacionada à combinação da resistência de aderência aos esforços de tração, cisalhamento e da sua área de extensão. A aderência ocorre em função da interação intermolecular entre a argamassa e o substrato, que é influenciada pelas características de absorção do substrato e da distribuição granulométrica da argamassa, e também pela eventual e por efeito da ancoragem mecânica da argamassa nas reentrâncias e saliências da base (SABBATINI et al., 2000).

Ao estudarmos as argamassas é fundamental o conhecimento de parâmetros que interferem diretamente sobre estas propriedades, como características do substrato, materiais constituintes das argamassas, seu proporcionamento, propriedades da pasta no estado fresco e endurecido, bem como o sistema de ancoragem pasta-base (KAZMIERCZAK, 2007).

Neste estudo são avaliados os efeitos da variação do teor de materiais (cimento, cal CHI e areia) em uma argamassa cujo ajuste dos teores relativos de materiais foi realizado de modo a obter uma curva de empacotamento “ideal”, através do software Elkem Materials Mixture Analyser – EMMA. Para esta avaliação foi utilizada uma areia natural de rio cujos grãos foram fracionados em quatro composições: considerando-se o material passante na peneira #1.2 e considerando-se o material passante na peneira #0.6, e mantendo-se o teor original de filer (passantes na peneira 0,075mm) ou retirando-se este material.

Este trabalho é dividido em 5 capítulos, compreendendo os seguintes tópicos: Introdução, fundamentação teórica, materiais e métodos, apresentação de resultados e considerações finais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O uso de argamassas como elemento de ligação, proteção nas construções de edificações é registrado há milênios, no continente europeu desde a época das pirâmides do Egito, na Grécia e na Roma antiga, bem como na arquitetura Maia no continente americano. Segundo Recena (2008) há estudos que comprovam a utilização de aglomerante calcário misturados a outros elementos naturais como elemento de assentamento de alvenarias de pedras nestas construções dos povos antigos.

Com o passar dos anos e a evolução tecnológica foi incorporado outro elemento ligante as argamassas, o cimento Portland, com o intuito de melhorar a sua resistência e aderência ao substrato. Porém com a elevada demanda pela execução rápida das edificações, exigindo produtividade nos canteiros de obra, redução do espaço físico dos mesmos e o surgimento de novos materiais a cal passou a ser substituída por outros aditivos.

No Brasil o revestimento argamassado ainda é muito utilizado, devido ao seu custo baixo, sua facilidade de manuseio, facilidade de moldagem, disponibilidade dos materiais e mão de obra. Entretanto pouco se tem conhecimento no canteiro sobre do seu comportamento, suas propriedades, sua adequada dosagem para o substrato utilizado, seu correto tempo de mistura, equipamentos adequados de mistura e sua correta aplicação comprometendo sua durabilidade e desempenho.

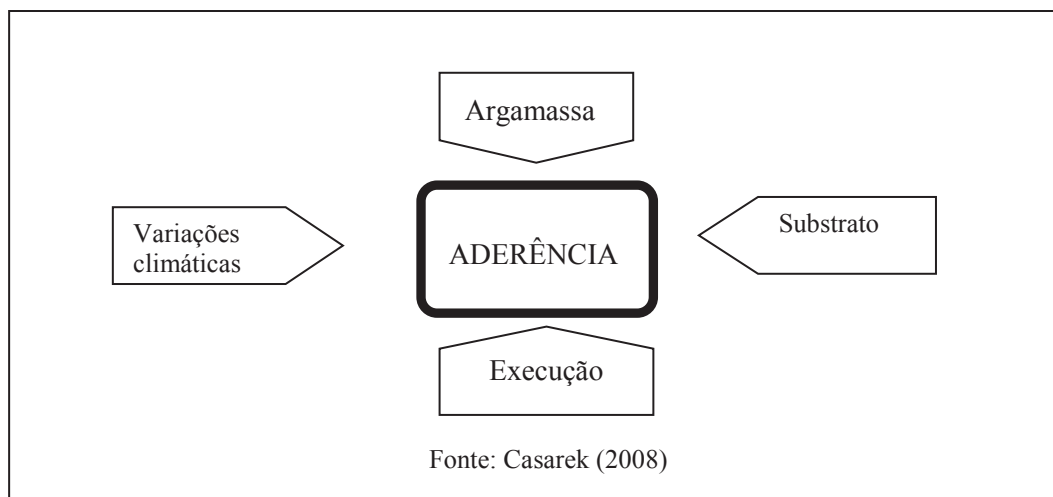
Uma das características que comprometem o desempenho adequado do revestimento argamassado é a aderência. Esta característica é a capacidade do revestimento argamassado manter-se aderido à sua base (CASAREK, 2008). Esta propriedade das argamassas de revestimento está diretamente relacionada ao surgimento de manifestações patológicas nas edificações, tornando-se motivo de grande preocupação para as construtoras (KAZMIERCZAK, 2007).

Segundo Recena (2008) a aderência deve ser entendida como uma combinação de diversos fatores relacionados a características físicas e mecânicas da pasta e do substrato. Além disso, a aderência entre o substrato e a base está relacionada à combinação da resistência de aderência aos esforços de tração, cisalhamento e da sua área de extensão.

Casarek (2008) afirma ser de fundamental importância, que o comportamento reológico da argamassa seja compatível a sua aplicação e ao tipo de substrato. Desta forma haverá uma interação adequada com a superfície do substrato, de modo a garantir um contato efetivo entre argamassa e substrato, ou seja, uma maior extensão de aderência, tornando a sua interface uma zona mais resistente.

Essa interação argamassa/substrato depende de fatores relativos aos materiais constituintes das argamassas, seu proporcionamento, propriedades como trabalhabilidade, fluidez, coesão e retenção de água, bem como de características do substrato como rugosidade e capacidade de absorção (fig. 1). Outros fatores que interferem na capacidade da argamassa aderir à base estão ligados a metodologia de execução e as condições climáticas.

Figura 1 - Fatores que influenciam na aderência



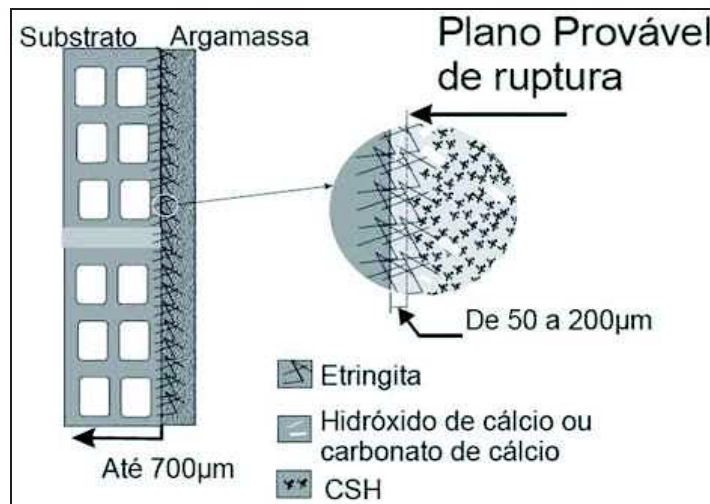
Bauer (2005) salienta a importância da rugosidade superficial do substrato, uma vez que esta propicia pontos de ancoragem para a argamassa aplicada. Esta ancoragem pode ser mais eficiente se ocorrer à penetração de partículas e a precipitação de cristais no interior dos poros e/ou rugosidade do substrato (fig.2), porém isso dependerá diretamente do tamanho das partículas presentes na mistura e de sua forma (CARASEK, 1997).

A adição ou aumento do proporcionamento de partículas finas na pasta pode ser uma das alternativas para contribuir para o aumento desta microancoragem ou aumento da extensão da área de aderência, bem como reduzir a porosidade desta matriz na região da interface argamassa/substrato, pois as partículas menores tendem a migrar para a superfície de contato com o substrato (MOOSBERG-BUSTNES; LAGERBLAD; FORSSBERG et al., 2004; LAWRENCE; CYR; RINGOT et al., 2004).

Segundo Recena (2008) quando se aumenta na mistura o teor de material fino, de dimensões menores que o agregado miúdo, como a cal, ocorrerá um aumento do consumo de água devido ao aumento da superfície específica. No caso específico da cal, há também aumento da capacidade de retenção de água da mistura. A adição deste aglomerante calcário melhora a plasticidade e por consequência a coesão da mistura, reduzindo a fissuração devido à retração, pois permite maiores deformações no estado endurecido. A adição de cal

e de significativo teor de filer nas argamassas de revestimento pode preencher espaços livres entre os grãos de maior dimensão, com isso aumentando a compacidade e a aderência das argamassas. No entanto, ao misturarmos materiais de grande superfície específica, há a necessidade de acrescentar água à mistura para molhar todas as partículas sólidas e corrigir a trabalhabilidade, aumentando o risco de fissuração por evaporação de água da mistura (CINCOTTO, 1999). Para Bauer (2005) com o aumento do teor de finos na mistura, ocorrerá uma maior retenção de água da pasta, prejudicando o fluxo para dentro dos poros do substrato, e comprometendo a aderência do revestimento.

Figura 2 - Representação esquemática do mecanismo de aderência entre argamassa e bloco cerâmica



Fonte: Casarek et al. (2001)

### 3 MATERIAIS EMÉTODOS

Para produção das argamassas mistas foram utilizados os materiais: cimento Portland composto, cal dolomítica hidratada e areia natural de rio, cada um foi obtido de um único lote com os fornecedores. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção (LMC) da Universidade do vale dos sinos (Unisinos), localizado no campus da cidade de São Leopoldo.

### 3.1 AGLOMERANTES

#### 3.1.1 Cimento

Para produção do revestimento argamassado foi utilizando cimento tipo CP II F 40 (Votoran), este aglomerante foi utilizado por ser um cimento com menor adição de filer calcário. Sua massa específica fornecida pelo fabricante foi  $3,05 \text{ g/cm}^3$  (tab.1). A composição granulométrica do aglomerante foi determinada através do método de difração a laser por via úmida, sendo que para o cimento foi utilizado dispersante álcool isopropílico (fig.2).

Tabela 1 - Características físicas do aglomerante utilizado

	Ensaio	Norma utilizada	Media	unidade	limite
cimento	Área Específica (Blaine)	NBR NM 76:1998	4748	$\text{cm}^2/\text{g}$	$\geq 2800$
	Massa Específica	NBR NM 23:2001	3,05	$\text{g/cm}^3$	não aplic.
	Finura - Resíduos na Peneira de 0,075 mm	NBR 11579:2012	0,00	%	$\leq 10,0$
	Finura - Resíduos na Peneira de 0,044 mm	NBR 12826:1993	3,80	%	não aplic.
	Água da Pasta de Consistência Normal	NBR NM 43:2002	31,36	%	não aplic.
	Início de Pega	NBR NM 65:2003	221,50	min	$\geq 60 \text{ min}$
	Fim de Pega	NBR NM 65:2003	284,75	min	$\leq 600 \text{ min}$
	Expansibilidade de Le Chatelier	NBR 1158:1991	0,30	mm	$\leq 5,0$

#### 3.1.2 Cal

O aglomerante calcário utilizado foi a cal dolomítica hidratada CH I (Itaclean) apresentando massa específica de  $2,40 \text{ g/cm}^3$ . A composição granulométrica deste aglomerante foi determinada através do método de difração a laser por via úmida utilizando água como dispersante.

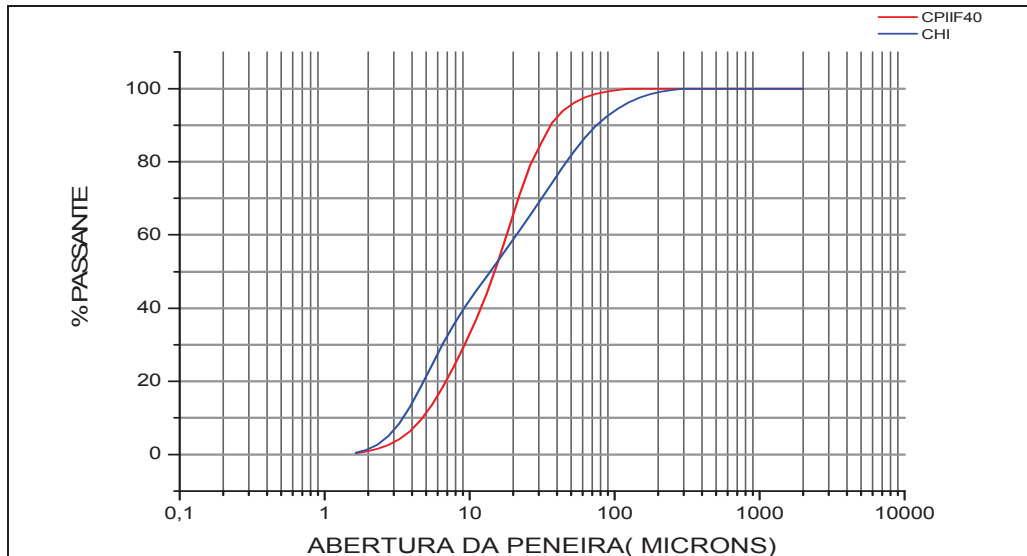
A Tabela 2 apresenta a composição química da cal dolomítica hidratada, fornecida pelo fabricante, bem como na figura 3 estão apresentadas as distribuições granulométricas.

Tabela 2 - Composição química dos aglomerantes utilizados

Elementos (%)	Cimento CII F 40	Aglomerante Calcário CH I
CaO	nd	45,30
MgO	6,09	30,30
AlO <sub>3</sub>	nd	nd
SO <sub>2</sub>	nd	nd
SO <sub>3</sub>	3,53	nd
FeO <sub>3</sub>	nd	nd
CO <sub>2</sub>	nd	4,00
H <sub>2</sub> O combinada	nd	17,00
P	nd	nd
CaO disponível	nd	35,80
CaCO <sub>3</sub> total	nd	nd



Figura 3 - Distribuição granulométrica do cimento CP II F 40, da cal hidratada obtidas pelo método difração a laser e peneiramento.



### 3.1.3 Agregado inerte: areia

O agregado inerte utilizado foi areia natural de rio, proveniente do rio Jacuí, fornecido por jazida da região de Esteio/RS. Estes apresentaram massa específica de  $2,58 \text{ g/cm}^3$  em ensaio realizado conforme a NM 52 (ABNT, 2009) e massa unitária  $1,50 \text{ Kg/m}^3$  segundo NM 45 (ABNT, 2003). Para determinação da composição granulométrica do agregado natural de rio foi utilizado o processo de peneiramento (fig.4), de acordo com as peneiras definidas pela NM 248 (ABNT, 2003) e peneiras intermediárias à série normal conforme tabela 3. Quanto à composição granulométrica dos microfinos de areia foi utilizado o método de granulometria por difração a laser por via úmida (fig.5), com equipamento MICROTRAC S3500. O agregado natural de rio passou por processo de fracionamento com o objetivo de obter diferentes composições granulométricas de acordo com os traços previamente definidos. As frações de areia utilizadas foram as passantes na peneira 1.2 mm com e sem a presença de filer e da mesma forma para a fração passante na peneira 0.6 mm.

Tabela 3– Composição granulométrica do agregado inerte obtida por peneiramento a seco.

SÉRIE NORMAL	SÉRIE INTERM.	RETIDA (%)	PASSANTE(%)	ACUMULADA(%)
4,8		0,41	99,59	0
2,4		0,12	99,47	0,53
	2,0	0,06	99,41	0,59
1,2		0,16	99,25	0,75
	1,0	0,04	99,21	0,79
	0,850	0,91	98,3	1,7
0,600		4,5	93,8	6,2
	0,425	19,44	74,36	25,64
0,300		12,46	61,9	38,1
	0,250	6,52	55,38	44,62
	0,212	15,14	40,24	59,76
0,150		22,42	17,82	82,18
0,075		15,64	17,82	97,82
FUNDO(< 0,15)		2,18	0	100
TOTAL		100		

Figura 4 - Composição granulométrica do agregado inerte obtida por peneiramento a seco

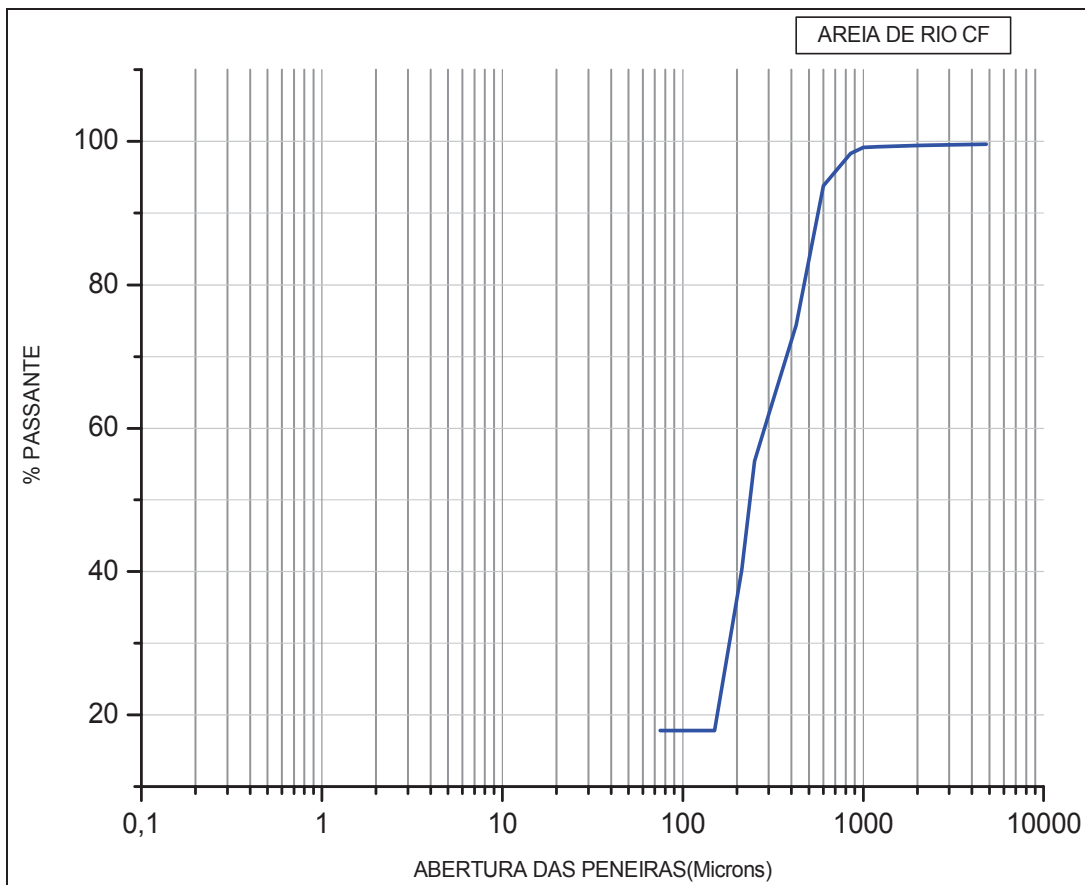
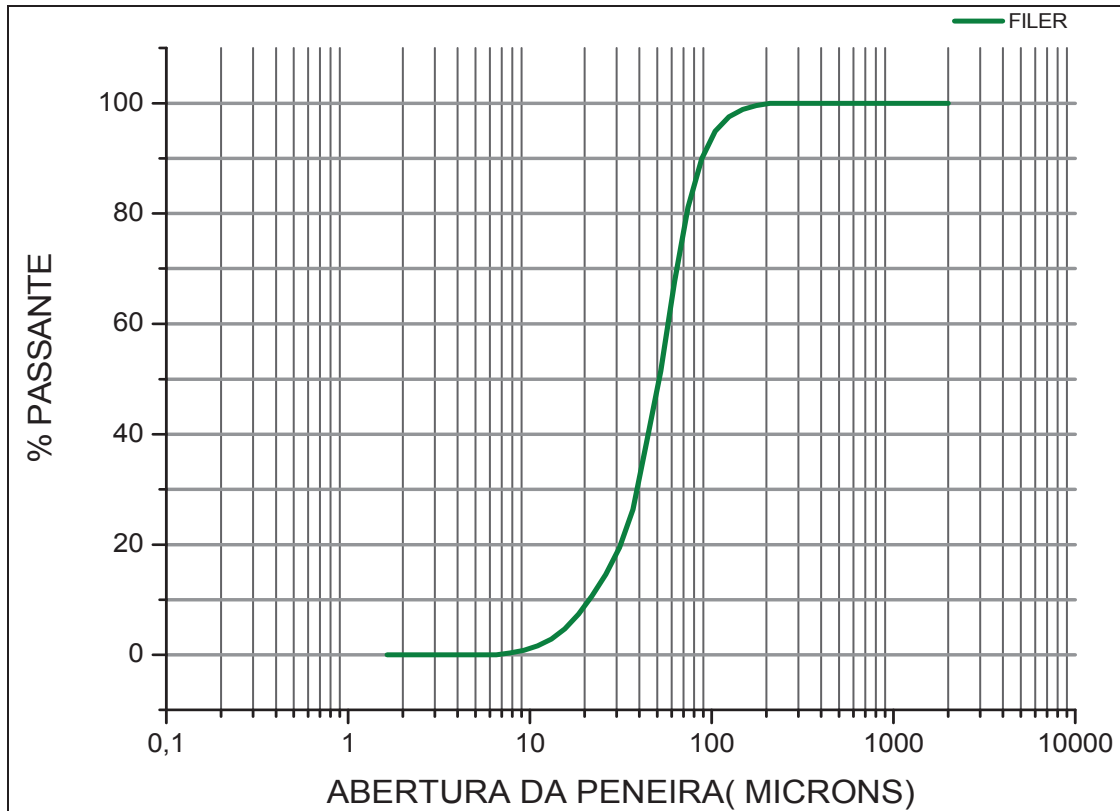


Figura 5 - Distribuição granulométrica dos microfinos de areia de rio, obtida pelo método difração à laser

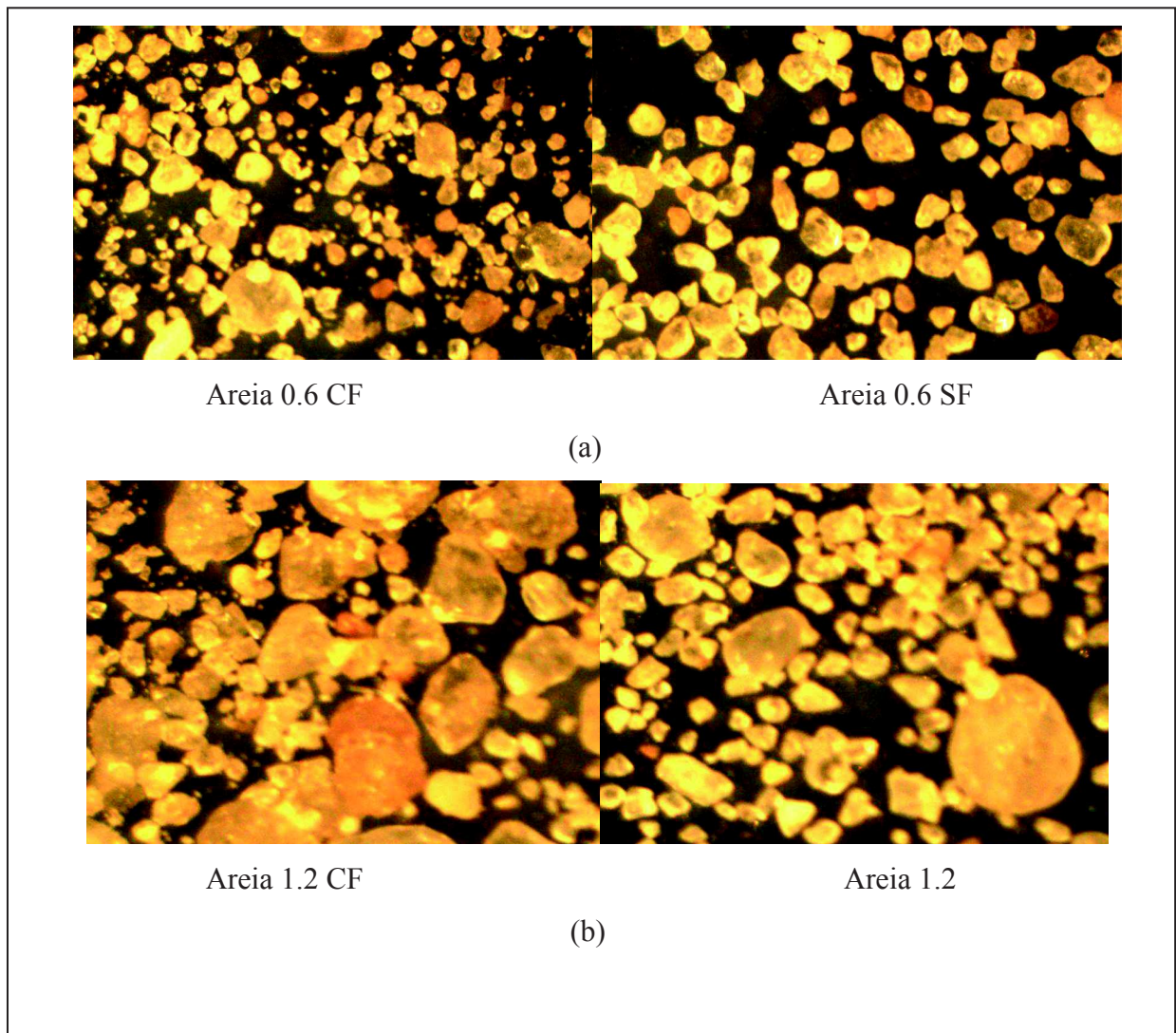


Embora não haja uma norma específica para determinar o formato dos grãos de agregado miúdo para argamassas, é de fundamental importância a sua análise, pois o formato dos grãos influencia no empacotamento, no maior ou menor consumo de água para molhamento de sua superfície, bem como no comportamento reológico das argamassas (Arnold, 2011).

A análise do formato dos grãos de areia foi feita de forma visual, utilizando uma lupa com ampliação de 20 vezes e com câmera fotográfica acoplada. Observou-se que os grãos de areia de rio para os diferentes fracionamentos apresentam uma forma mais próxima da esfericidade ou arredondada (fig. 6 a e b).

Além disso, em função do agregado natural de rio possuir grãos se aproximando da forma arredondada sugere uma melhora nos resultados das curvas de squeeze flow e por consequência na trabalhabilidade das argamassas.

Figura 6 - Visualização do formato dos grãos de areia presente nos quatro traços usados



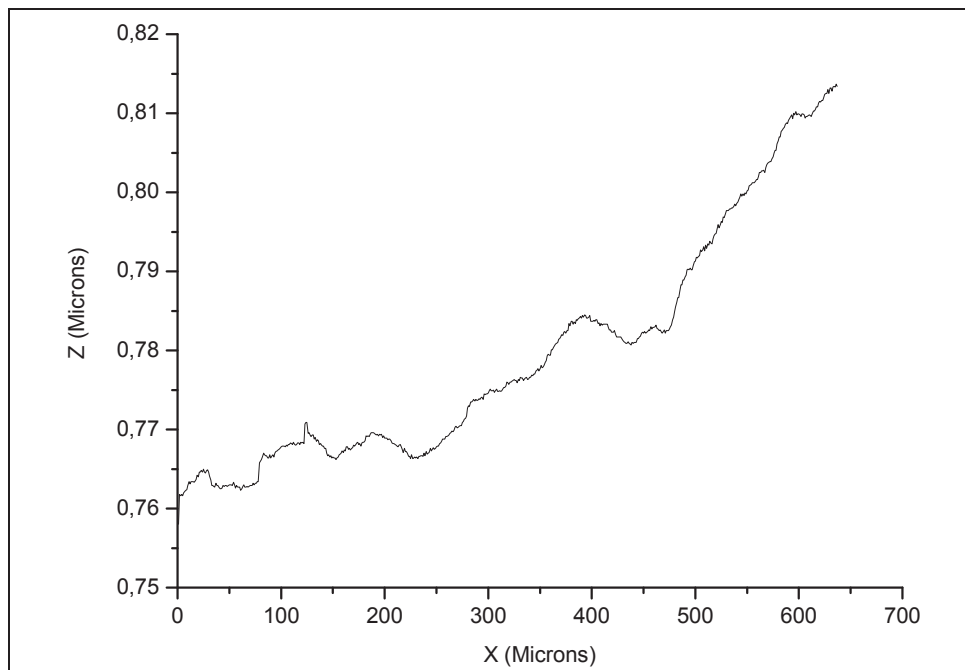
### 3.1.4 Substrato: Bloco cerâmico estrutural

O substrato utilizado foi o bloco cerâmico de função estrutural com dimensões de 140 X 190 X 290 mm (fig. 7) fornecidos e fabricados por olaria da região sul. Foram realizados ensaios de caracterização segundo as NM 15270 (ABNT, 2005). Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 3. A rugosidade da face escolhida para aplicação do revestimento foi determinada com o equipamento Galileo AV 300 + . O perfil da superfície do bloco cerâmico obtido pode ser observado na figura 8.

Figura 7 - Bloco cerâmico estrutural



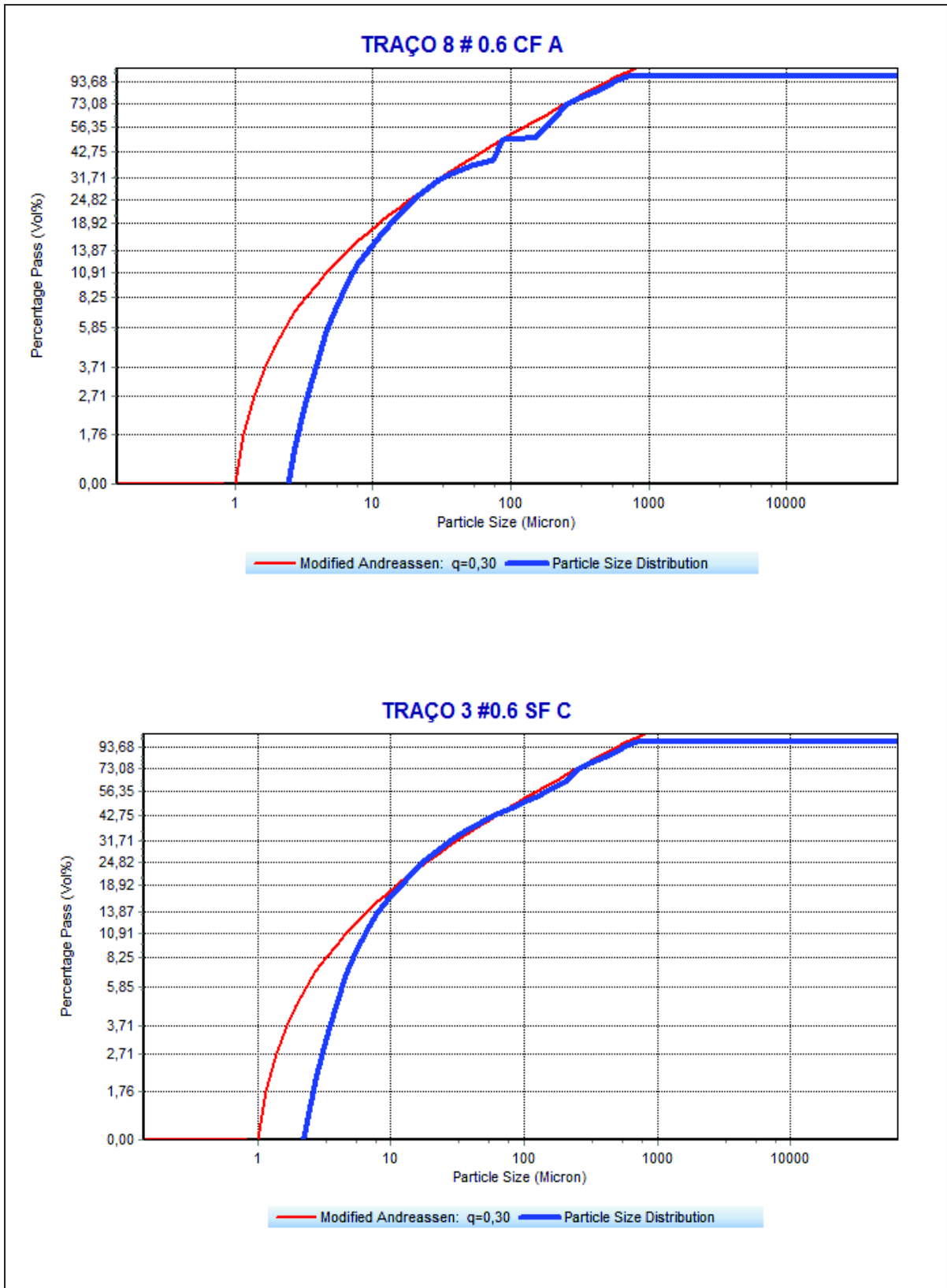
Figura 8 - Perfil topográfico de rugosidade da superfície do bloco cerâmico



### 3.1.5 Revestimento argamassado

Foram ajustados quatro traços de materiais secos através do software EMMA Mix (fig. 9 e 10), onde foi mantido fixo em aproximadamente 60 % o percentual de agregado natural de rio da mistura, variando o teor de cimento, aglomerante calcário e a adição de filler de areia natural  $< 0,150$  mm conforme tabela 5.

Figura 9 - Ajustes de traços obtidos utilizando Materials Mixture Analyser – EMMA.



continua...

Figura 10 - Ajustes de traços obtidos utilizando Materials Mixture Analyser – EMMA

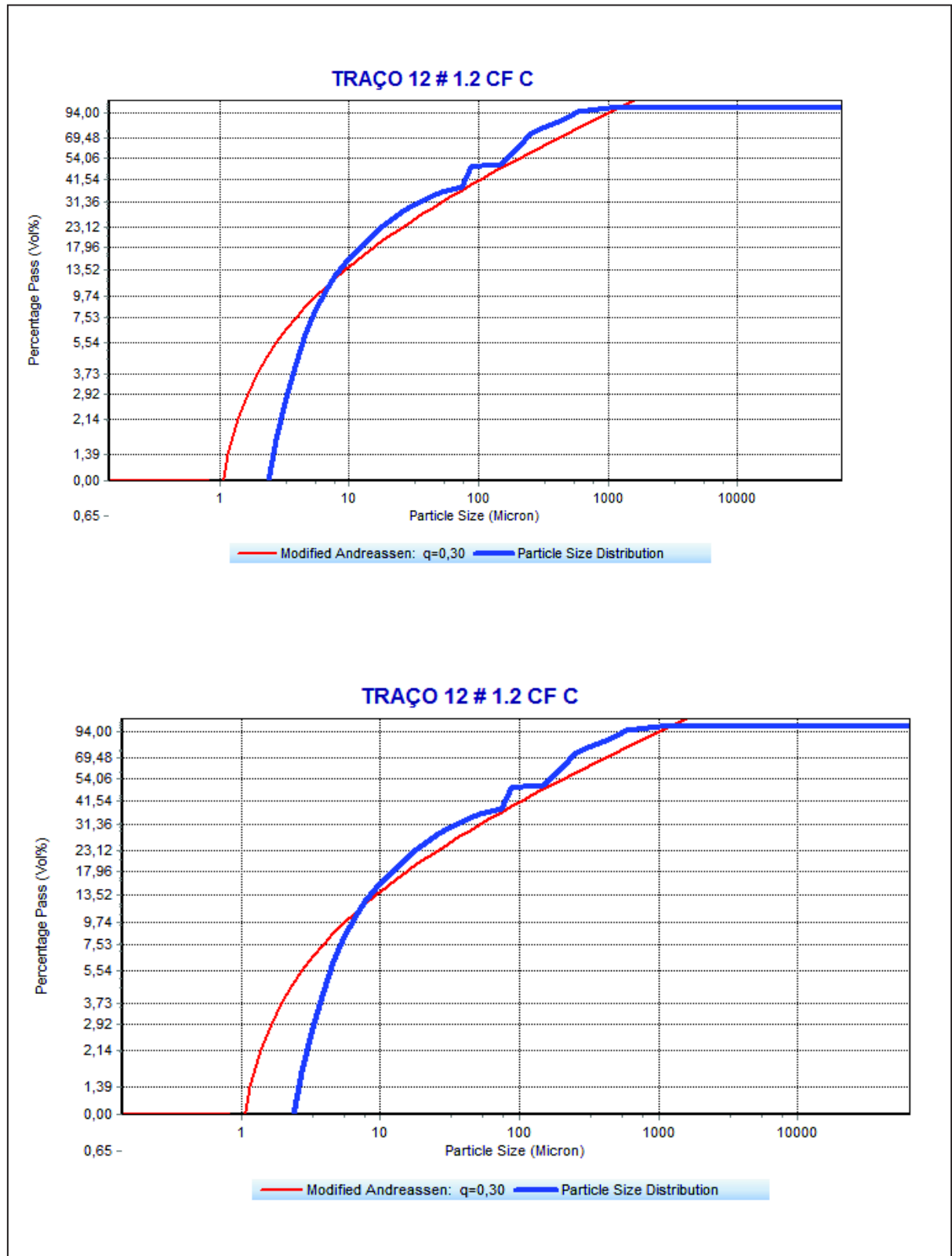


Tabela 5 - Composição dos traços ajustados pelo EMMA e pelo Squeeze Flow

TRAÇOS	CPII F 40(%)	CAL (%)	FILER (%)	AREIA(%)	ÁGUA (%)	AR (%)
0.6 SF	12,16	19,04	0	46,20	19,32	3,40
0.6 CF	18,74	14,56	17,59	30,05	17,30	1,90
1.2 SF	12,51	19,76	0	47,76	18,88	1,10
1.2 CF	12,05	18,71	17,67	28,51	22,22	0,85

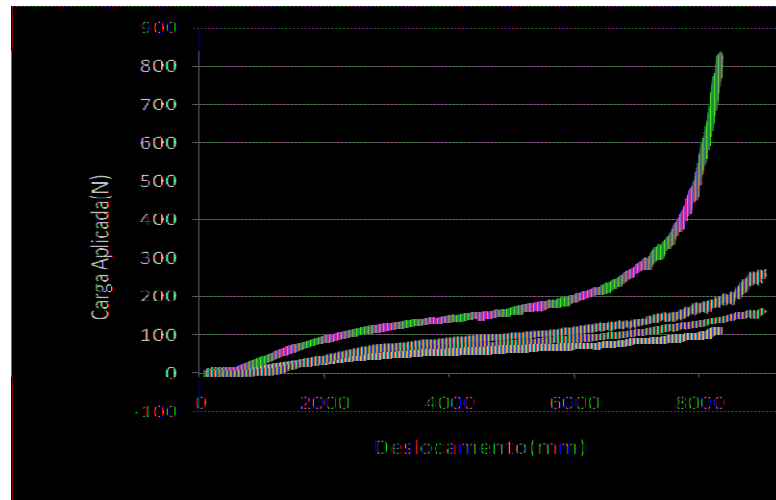
O aglomerante calcário foi previamente misturado junto com a areia e água, seguindo as recomendações da NBR 13276 (ABNT,2005) para garantir a adsorção de água pela cal, durante o período de 24h. Para a confecção das argamassas foi necessário determinar a quantidade de água a ser acrescentada a cada mistura, definida como a quantidade necessária para se obter um espalhamento em  $260 \pm 5$  mm na argamassa de referência. Nas demais argamassas, o teor de água foi definido de modo a garantir uma trabalhabilidade similar à argamassa de referência, medida a partir de ensaio de Squeeze-flow (fig.11), conforme a NBR 15839 (ABNT,2010). Os ensaios de squeeze flow foram realizados em velocidades de 10min. e 15min apresentando as curvas da figura 12.

Figura 11 - Ensaio de Squeeze Flow para ajustes da trabalhabilidade das argamassas





Figura 12 - Curvas resultantes do ensaio de Squeeze Flow para ajustes da trabalhabilidade das argamassas



Após a definição dos traços as argamassas foram preparadas seguindo as recomendações da NBR 13276 (ABNT, 2005), para a realização dos ensaios de caracterização da pasta no estado fresco e endurecido. As misturas dos volumes de areia, cal e 60% da água total da mistura foram realizadas com 24h de antecedência, permanecendo em recipientes hermeticamente fechados neste período em sala climatizada a temperatura de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , evitando perda de água por evaporação. Após o período necessário para adsorção de água pela cal, foram realizadas as misturas em argamassadeira de bancada, com eixo vertical, acrescentando o restante da água e o CII F 40 conforme recomendações da NBR 13276 (ABNT, 2005), tomou-se o cuidado para respeitar os tempos corretos da mistura com a finalidade de evitar incorporar quantidades de ar que interferissem no objetivo desejado.

Foram realizados ensaios de caracterização das argamassas no estado fresco, seguindo as recomendações das normas em vigor. Para todos os traços definidos pelo software foram realizados ensaios de teor de ar incorporado, ensaios de densidade massa aparente e ensaios de retenção de água.

As propriedades das argamassas no estado endurecido foram determinadas utilizando corpos de prova prismáticos, moldados de acordo com as normas vigentes, mantendo-os em sala climatizada em  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , durante o período de cura e de execução dos ensaios.

Quanto ao ensaio de retração ou expansão linear foi realizado utilizando corpos de prova  $25 \times 25 \times 285$  mm, segundo a NBR 8490 (ABNT, 1984), sendo realizadas as leituras conforme as recomendações da norma de variação dimensional, bem como o registro das variações de massa das amostras ao longo de 28 dias.

### 3.1.6 Sistema de revestimento

O sistema de revestimento foi confeccionado em argamassadeira de eixo horizontal de acordo com os volumes previamente estabelecidos no EMMA e através do índice de consistência e do ensaio de Squeeze Flow para a posterior determinação da resistência de aderência aos 28 dias, conforme NBR 13528 (ABNT, 2010). Os substratos cerâmicos foram previamente preparados para aplicação do revestimento, utilizando quatro blocos por traço. Foram utilizados cinco moldes cilíndricos de PVC (fig. 13 e 14), com desmoldante à base de água, por bloco cerâmico, diâmetro de 50 mm, com intuito de minimizar a interferência nos resultados do ensaio de arrancamento com a utilização da serra-copo nos corpos de prova, baseado nos estudos de John et al , 2016. Uma das faces dos blocos cerâmicos possuía uma face com reentrâncias maiores e este foi o escolhido para aplicação do revestimento.

A argamassa de revestimento foi aplicada em camada única, com espessura controlada de aproximadamente de 2 cm e utilizou-se a mesa de queda para lançamento da pasta, controlando e padronizando a energia de aplicação. Após o sarrafeamento e o desempenho em tempos adequados, as amostras foram devidamente acondicionadas em sala climatizada com temperatura de  $23 \pm 2$  °C e umidade controlada, aguardando 28 dias para o processo de cura do revestimento.

Figura 13 - Método utilizado para realização do ensaio de arrancamento

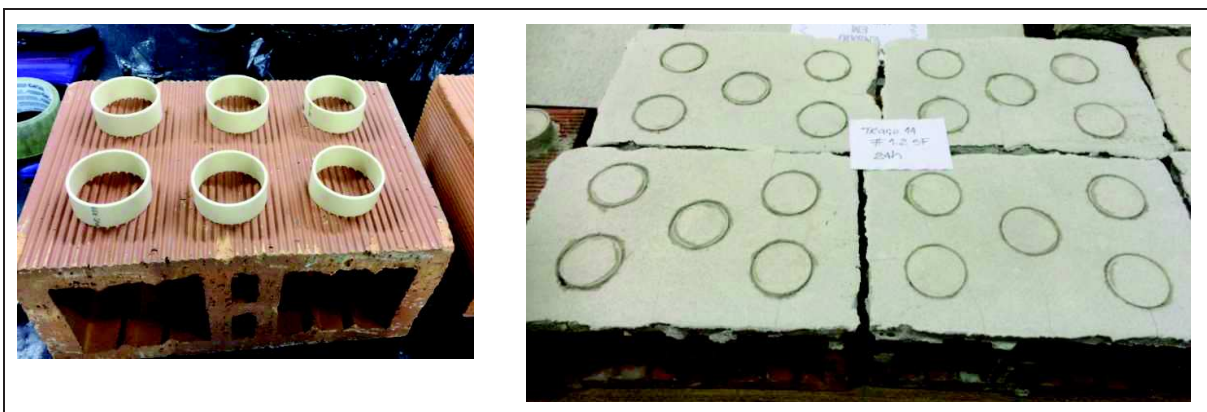
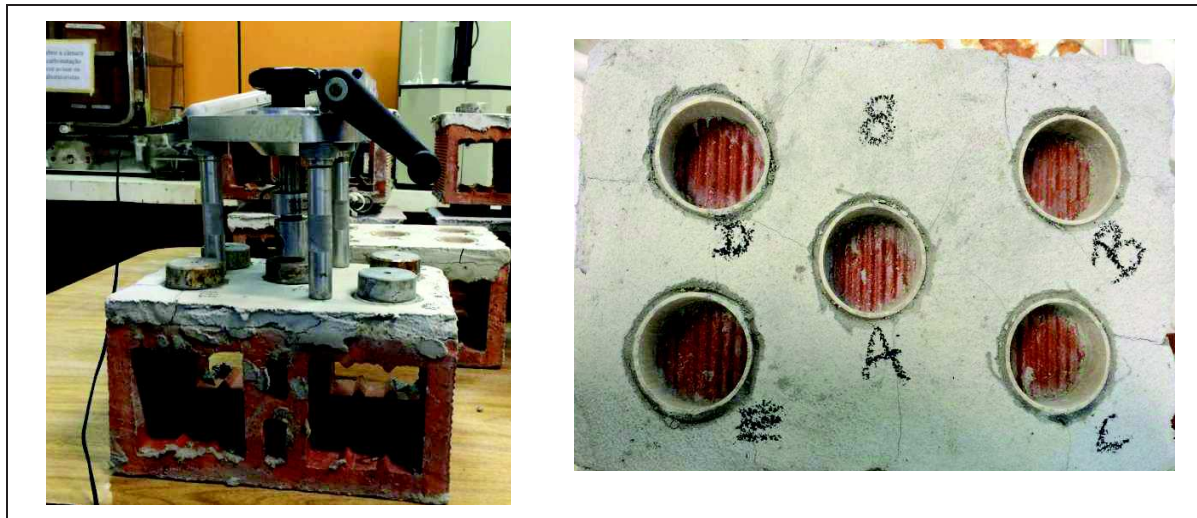


Figura 14 - Método utilizado para realização do ensaio de arrancamento



#### 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos nos ensaios de caracterização das argamassas no estado fresco e endurecidos, dos ensaios de caracterização dos blocos cerâmicos e do sistema de revestimento argamassado/substrato estão apresentados neste capítulo.

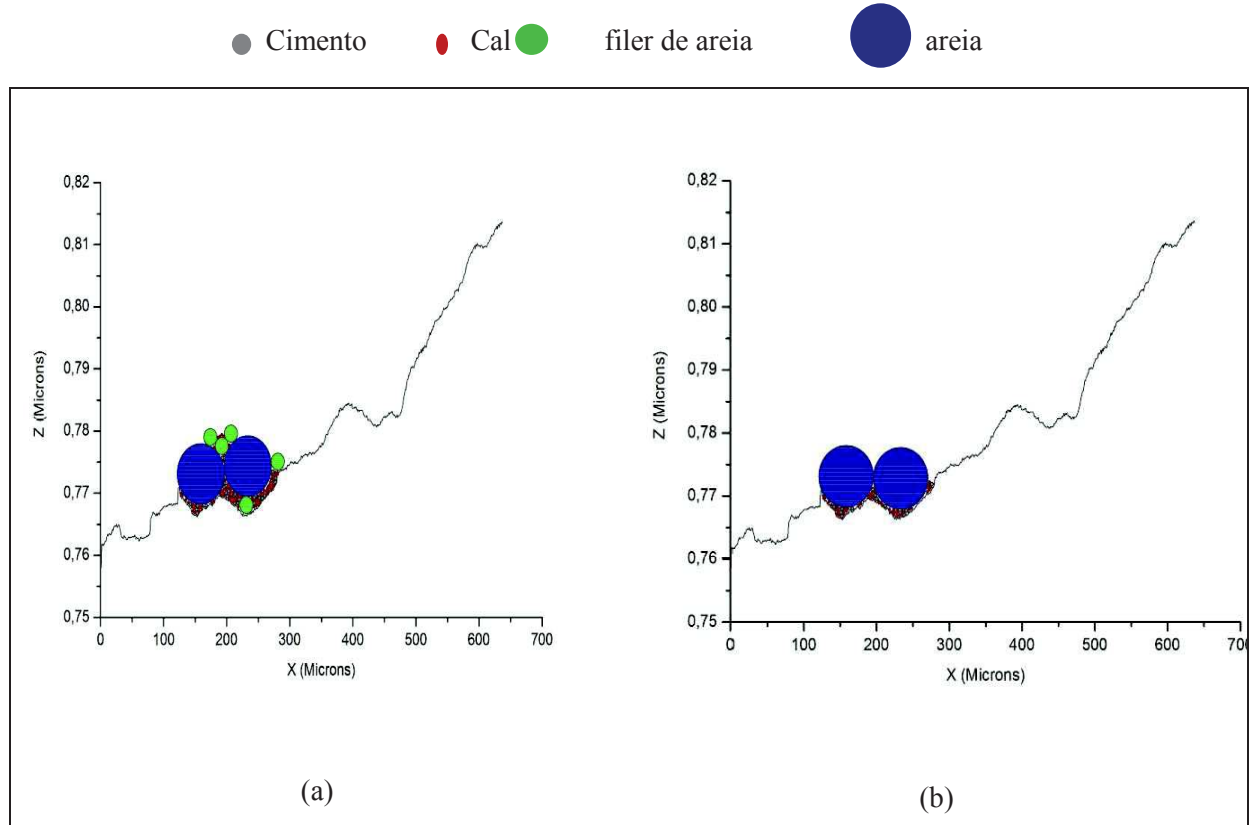
Na tabela 6 estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios de caracterização dos blocos cerâmicos, demonstrando que o substrato apresenta uma baixa absorção inicial. Este fator pode dificultar a absorção de pasta da argamassa pelo bloco e conseqüentemente pode comprometer a aderência do sistema. Quanto à resistência à compressão os blocos apresentaram o resultado dentro do esperado.

Tabela 6 - Propriedades do substrato bloco cerâmico estrutural

Características Geométricas			Características Físicas	Características Mecânicas
Área efetiva (cm <sup>2</sup> )	Desvio em relação ao esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)	Índice de absorção de água(g/193,55cm <sup>2</sup> )	Resistência a compressão (MPa)
39205	4,00	2,0	15,60	11,73

A simulação do recobrimento da superfície com o bloco cerâmico nos apresenta duas formas possíveis de arranjo dos grãos (fig. 15). Isso nos permite dizer que se partículas menores, como o filer calcário, migrarem em direção a superfície de contato com o bloco, poderá ocorrer um aumento do contato entre a matriz cimentícia e o substrato. Porém, nada podemos afirmar se os finos de areia melhorar esse contato efetivo.

Figura 15 -Perfis topográficos de rugosidade da superfície do bloco cerâmico com simulação do recobrimento da superfície com os grãos.(a) com presença de finos de areia, (b) sem presença de finos de areia.( cimento  $D_{10}= 4,69 \mu\text{m}$ ; cal  $D_{10}= 3,40\mu\text{m}$ ; filer  $D_{10}=21,13 \mu\text{m}$ ; areia  $D_{10}= 152\mu\text{m}$ )



Os resultados de caracterização das argamassas no estado fresco encontram-se demonstrados na tabela 7. Os resultados obtidos demonstram que os traços ajustados pelo Software EMMA MIX resultaram em argamassas com valores altos de retenção de água, pequenas quantidades de ar incorporado.

Tabela 7 - Caracterização das argamassas no estado fresco

Ensaio	Amostras				Normas Brasileiras
	0.6 SF	0.6 CF	1.2 SF	1.2 CF	
Retenção de água (%)	99,07	99,38	99,55	99,52	13277/2005
Teor de ar incorporado (%)	3,40	1,90	1,10	0,85	13278/2005
Densidade de massa aparente(g/cm <sup>3</sup> )	1,97	2,01	1,97	1,97	13278/2005
Índice de consistência (água mistura - g)	31,81	30,05	29,88	33,55	13276/2005

Conforme os resultados obtidos na tabela acima as argamassas de traço # 0.6 apresentaram os maiores teores de ar incorporado. O traço #0.6 CF ,ajustado pelo EMMA, apresentou os maiores consumo de cimento em % de volume e para um espalhamento fixo necessitaram menores teores de água, resultando em uma baixa trabalhabilidade, conforme as curvas no ensaio Squeeze flow. Segundo Vanderley ( 2005) este ensaio fornece um perfil de comportamento da argamassa de acordo com as solicitações impostas.Com isso, é possível verificar nos perfis obtidos, que esta argamassa necessita de um aumento significativo de carga aplicada para que ocorra deslocamento, o que caracteriza uma argamassa muito rígida, ou seja, o que a considera inadequada para uso em revestimento. Enquanto que a # 0.6 SF apresentou um consumo mais elevado de teor de água, menor consumo de cimento, e conseqüentemente uma maior trabalhabilidade.

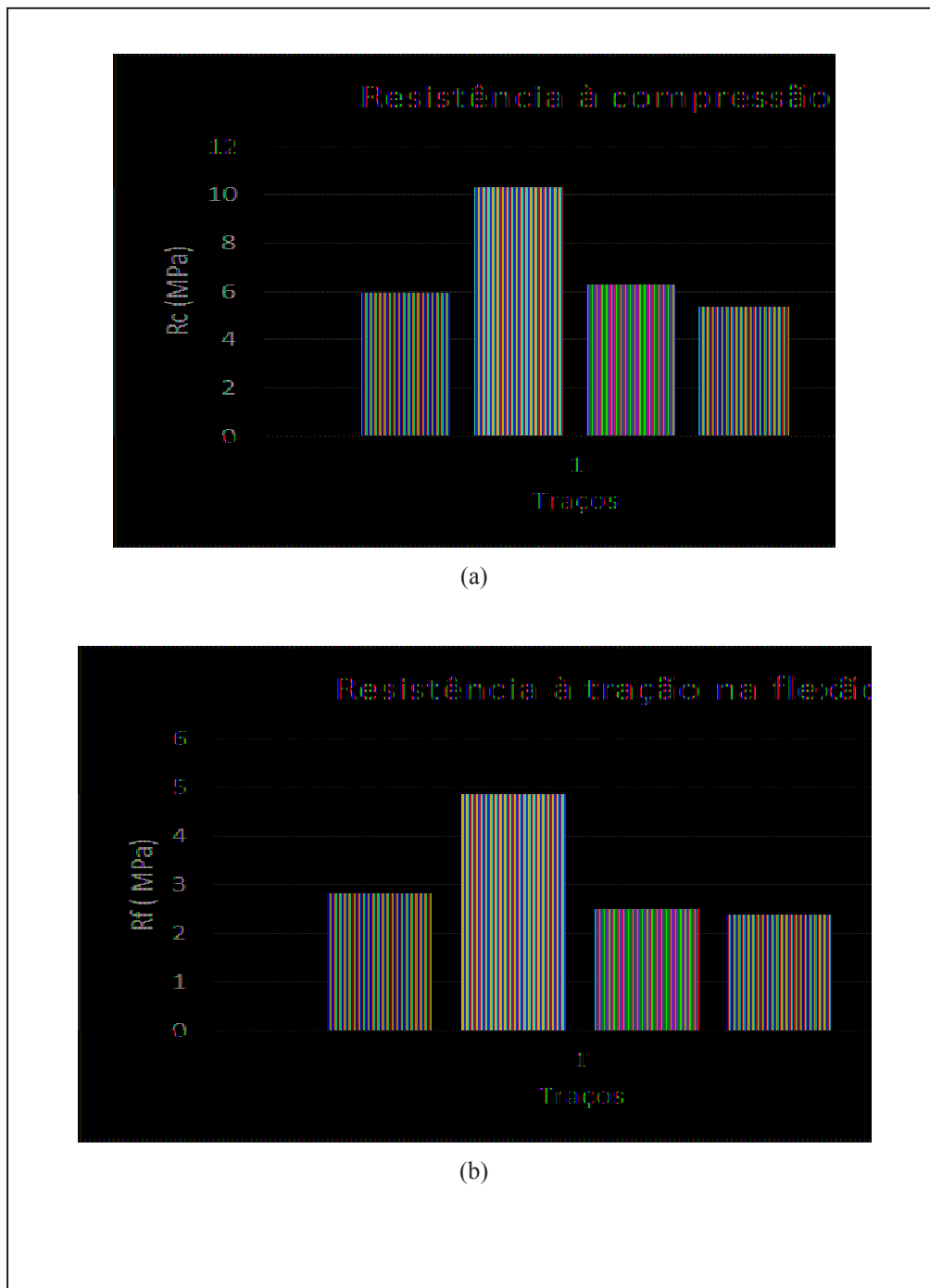
As argamassas de traço #1.2 CF e #1.2 SF apresentaram um comportamento típico de deformação plástica, ou seja, argamassas mais adequadas para aplicação em revestimento de alvenarias.

As propriedades das argamassas no estado endurecido estão apresentadas na tabela 8. Os resultados obtidos demonstram que as argamassas que apresentaram os maiores valores de resistência à compressão foram os traços # 0.6 CF e # 1.2 SF, valores esperados devido ao maior consumo de cimento em relação aos outros traços ( fig.16). O mesmo ocorre em relação aos resultados obtidos de resistência à tração na flexão.

Tabela 8 - Caracterização das argamassas no estado endurecido

Amostras Ensaio	0.6SF	0.6CF	1.2SF	1.2CF	Normas Brasileiras
Absorção de água total (%)	19,12	17,60	17,56	20,31	9978/2005
Índice de vazios (%)	31,81	30,05	29,88	33,55	9978/2005
Massa específica real(g/cm <sup>3</sup> )	2,44	2,44	2,43	2,49	9978/2005
Coefficiente de capilaridade (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	9,80	5,04	6,48	9,80	15259/2005
Resistência à tração na flexão (MPa)	2, 831	4, 851	2, 513	2, 371	13279/2005
Resistência à compressão (MPa)	5, 981	10, 321	6, 293	5, 355	13279/2005
Densidade de massa de massa aparente(g/cm <sup>3</sup> )	1,97	1,97	1,97	1,97	13279/2005

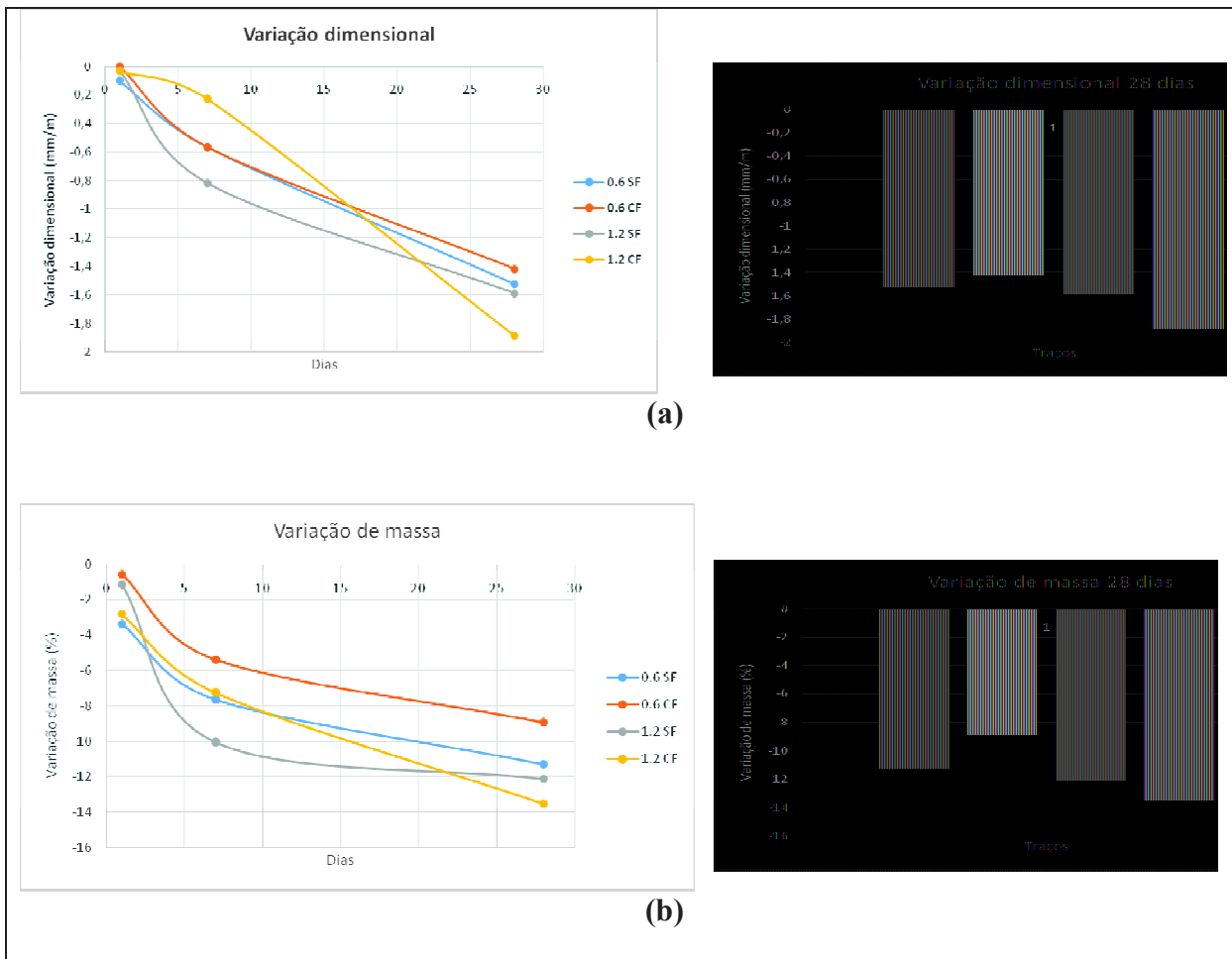
Figura 16 - Representação gráfica das resistências a compressão (a) e resistência tração na flexão(b) dos corpos de prova no período de 28 dias.



Observando-se os resultados obtidos nos gráficos de variação dimensional (fig.17) , construídos com base nas medições realizadas no 1º dia , 7º dia e 28 dia após a desmoldagem (48h), verificamos que a amostra que mais se difere das restantes na primeira semana é a #1.2 CF .Este traço #1.2 CF apresenta uma variação menor em relação aos outros nas primeiras semanas, mas na última semana verifica-se uma variação mais acentuada.

È possível verificar através destes resultados que os traços # 1.2 SF e # 1.2 CF apresentaram maiores valores de retração, bem como maiores variações de massa ao longo dos 28 dias de cura das argamassas. Estes traços ao serem produzidos para manter o espalhamento de  $260 \pm 5$  e uma adequada trabalhabilidade, consumiram teores maiores de água, portanto este fator afetou diretamente as variações dimensionais.

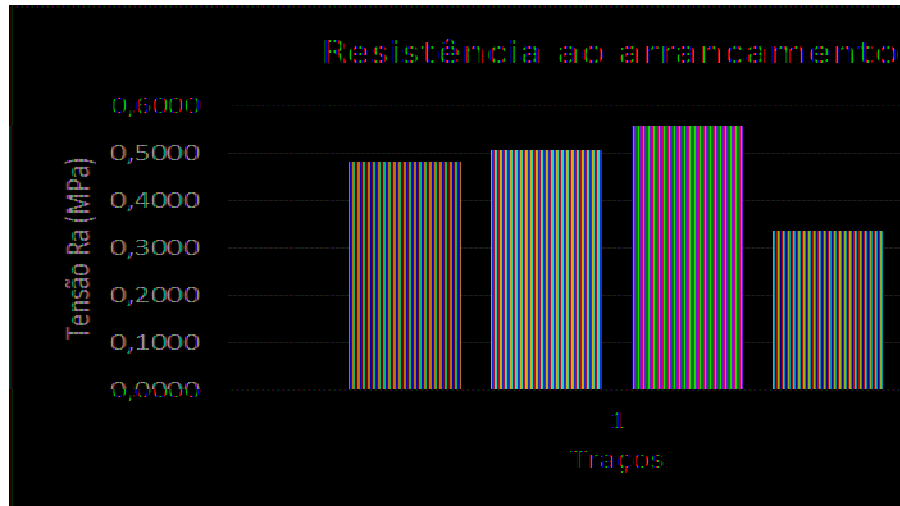
Figura 17 - Representação gráfica do comportamento dos corpos de prova no período de 28 dias: variação dimensional (a) e variação de massa (b).



O gráfico abaixo (fig.18) representa os resultados encontrados para o ensaio de arrancamento. Os resultados mostram que as argamassas apresentaram valores dentro da tolerância de resistência de aderência conforme especificado em norma. Porém, acredita-se que a metodologia escolhida para aplicação das argamassas interferiram diretamente nos resultados encontrados, pois a energia de aplicação acabou sofrendo variações devido a plasticidade das argamassas.

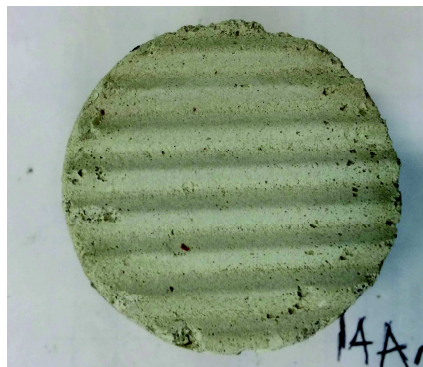
A aplicação do revestimento do # traço #1.2 CF foi a que mais sofreu alterações nos resultados, devido às dificuldades encontradas na aplicação da argamassa nos blocos cerâmicos com os moldes de PVC, fazendo o uso da caixa de queda.

Figura 18 : Gráfico de resistências ao arrancamento dos argamassas.



Ao realizarmos os ensaios de arrancamento e analisarmos a zona de ruptura, constatamos que 100% dos corpos de provas dos traços utilizados romperam na zona da interface argamassa/substrato (fig.19), concluindo ser esta a zona mais frágil e verificando que não houve interferência significativa da presença ou não de finos de areia sobre a resistência de aderência.

Figura 19: Face de rompimento dos corpos de prova no ensaio de arrancamento



Ao compararmos as argamassas #0.6 SF e #1.2 SF observamos que os resultados obtidos das propriedades das argamassas tanto no estado fresco como endurecido não apresentam diferenças consideráveis.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do software com objetivo de obter o melhor empacotamento de acordo com a distribuição granulométrica dos materiais constituintes das argamassas resultou em argamassas com traços similares, diferenciando-se entre si em percentuais de consumo de água de amassamento. Estes percentuais influenciaram diretamente na variação dimensional, ou seja, na retração do revestimento.

As relações água/ aglomerantes resultantes das misturas dosadas pelo software foram diretamente proporcionais aos resultados de resistência à compressão e resistência à tração na flexão. O alto percentual de retenção de água nas argamassas pode ter ocorrido devido ao uso de microfios de aglomerante calcário e filer de areia de rio devido ao aumento da área superficial e a adsorção das partículas. Esta alta retenção de água juntamente com a baixa absorção inicial do substrato afetou significativamente os resultados de resistência de aderência à tração, sendo que todos os ensaios o rompimento ocorreu na interface argamassa/substrato.

Através das curvas resultantes dos ensaios de Squeeze Flow observamos que a argamassa com maior consumo de cimento e menor consumo de aglomerante calcário não apresentou um bom resultado na trabalhabilidade em relação às outras argamassas, resultando em uma argamassa inadequada para sua aplicação.

Os resultados obtidos neste programa experimental mostraram que a presença ou ausência do teor de finos de areia natural de rio nas argamassas de revestimentos não apresentaram diferenças significativas nos resultados das propriedades das argamassas.

## 6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR13528: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 45: Agregados – Determinação da densidade de massa e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. .

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15270-2: Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15270-3: Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15839: Argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos – Caracterização reológica pelo método squeeze-flow. Rio de Janeiro, 2010.

ARNOLD, D.C.M. Influencia da forma dos grãos nas propriedades das argamassas. Dissertação(Mestrado em engenharia Civil)- faculdade de engenharia , Universidade do vale do rio dos sinos .São Leopoldo.2011

BAUER, E.Revestimento de argamassas- características e peculiaridades.LEM UNB Sinduscon. Brasília, 2005.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: Ibracon, 2007. v. 2, p. 863-903.

CARASEK, H.Aderência de argamassas a cimento Portland a unidades de alvenaria.Boletim da escola politécnica d e São Paulo .São Paulo,1997.

CINCOTTO, M. A.; RAGO, F. Influência do tipo de cal hidratada na reologia das pastas.Boletim técnico Escola Politécnica de São Paulo.São Paulo, 1999.

JOHN, V.M. ; PILEGGI, R.G.; CARDOSOS, F.A. Caracterização reológica das argamassas pelo método de squeeze Flow. IV Simpósio brasileiro de tecnologia de argamassas. Florianópolis, 2005.

KAZMIERCZAK, C.S.; BRENZEZINSKI, D.E.; COLLATTO, D. Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa. Estudos tecnológicos. vol3, nº1, 2007, p47-58.

MOOSBERG-BUSTNES; LAGERBLAD; FORSSBERG E. The function of fillers in concrete. Materials and structures, v.37, n.2, p.74-81, 2004;

RECENA, F.A.P. Conhecendo argamassa. Porto Alegre. EDIPUCRS. 2008. 192p.

SABATTINI, F.H. Projeto e execução de revestimentos de argamassas. O nome da rosa. São Paulo, 2000.