DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE POROSIDADE E MÓDULO DE ELASTICIDADE DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM CINZA DE CASCA DE ARROZ

Erhart, R. L.[1], Schafer, M.[2], Trevisan, R. [3], Kulakowski, M. P.[4], Kazmierczak, C. S.[5]

[1] Universidade do vale do Rio dos Sinos, Mestrando PPGEC, arquiteto e urbanista, e-mail: arquitetoerhart@gmail.com
[2] Universidade do vale do Rio dos Sinos, Mestrando PPGEC, engenheiro civil, e-mail: mauschafer@gmail.com
[3] Universidade do vale do Rio dos Sinos, Graduando em Engenharia Civil, e-mail: rafael.trevisan94@gmail.com
[4] Universidade do vale do Rio dos Sinos, Professora Doutora, e-mail: marlovak@unisinos.br
[5] Universidade do vale do Rio dos Sinos, Professor Doutor, e-mail: claudiok@unisinos.br

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo verificar a existência da relação entre o módulo de elasticidade de argamassas de revestimento, e a porosidade das mesmas quando aplicadas em um substrato cerâmico. O módulo de elasticidade é a relação entre a variação dimensional e a força que atua em determinado componente, sendo um parâmetro que exprime a capacidade de uma argamassa para se deformar. Para a obtenção de um revestimento não sujeito à fissuração, é conveniente que este apresente um módulo de elasticidade elevado, tendo em vista que a deformabilidade das argamassas de revestimento contribui para reduzir esse tipo de manisfestação patológica comum em fachadas de edifícios. A densidade de um material tem relação direta com seu módulo de elasticidade, visto que há uma relação entre a porosidade e o módulo de elasticidade para as argamassas investigadas. Foram confeccionadas argamassas com 0, 4 e 8% de cinza de casca de arroz (CCA) em substituição ao cimento em volume, caracterizadas nos estados fresco e endurecido. Os melhores resultados observados referem-se às argamassas com 4% de CCA.

Palavras chave: Argamassa de revestimento, módulo de elasticidade, porosidade

ABSTRACT

This research aims to determine the existence of relation between the elastic modulus of mortar coating, the porosity of the same when applied to a ceramic substrat. The modulus of elasticity is the ratio of the dimensional change and the force acting on a given component with a parameter that expresses the capability of a mortar to deform. To obtain a coating not subject to cracking, it is desirable that it have high modulus of elasticity, given that the deformability of the mortar coating reduces this kind of common pathological manifestation on the facades of buildings. The density of a material is directly related to its modulus of elasticity, since there is a relationship between porosity and elastic modulus for the mortars investigated. It's made mortars with 0, 4 and 8% of rice husk ash (RHA) in replacement of cement by volume, characterized in fresh and hardened states. The best results were observed refer to mortars with 4% of RHA.

Keywords: Mortar coating, dynamic modulus, porosity

1. INTRODUÇÃO

Segundo observa Cardoso (2009), as propriedades das argamassas no estado endurecido é que definem o desempenho dos revestimentos em uso. O autor afirma que a resistência mecânica, a permeabilidade e o módulo de elasticidade são considerados requisitos para garantir o desempenho das argamassas endurecidas.

A ação de tensões provenientes do carregamento nas edificações, as variações térmicas e a retração em que as argamassas de revestimento estão sujeitas podem causar manifestações patológicas. Assim, é necessário que as argamassas tenham a capacidade de deformar-se. No momento em que a deformação na argamassa é impedida, especialmente quando aderida sobre uma superfície porosa, surgem tensões de tração no revestimento que podem levar à fissuração (BASTOS *et al.*, 2010).

O módulo de elasticidade de uma argamassa de revestimento, conforme Monte; Silva e Figueiredo (2007), é uma propriedade intimamente ligada com sua capacidade de deformar-se no regime elástico.

O desempenho das argamassas de alvenaria à umidade é parâmetro relevante na durabilidade da mesma e na função para a qual foi aplicada, em assentamento ou revestimento. A permeabilidade da argamassa influencia a extensão deste efeito.(CINCOTTO *et al.*, 2010)

Materiais de construção porosos, quando expostos em ambientes com variação de umidade são responsáveis pelo aparaecimento de manchas e podem influenciar a saúde das pessoas, pela proliferação de fungos e outros microorganismos. (GONÇALVES *et al.*, 2012).

A adição de pozolanas às argamassas resulta num aumento da propriedade mecânica em compósitos cimentícios (ALMEIDA; FARIA; PINTO, 2007). Neste sentido, tem sido estudado o uso de cinza de casca de arroz (CCA), resíduo gerado na produção de energia termoéletrica e que possui propriedades pozolânicas.

Este trabalho tem como objetivo o estudo da relação entre porosidade e módulo de elasticidade de argamassas de revestimento com cinza de casca de arroz.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Os materiais empregados nesta pesquisa foram:

- Substrato: Bloco cerâmico 14 x 19 x 29
- Agregado miúdo: Areia quartzosa de leito de rio;

- Aglomerante: Cimento Portland CPII F 32;
- Aglomerante: Cal hidratada CH-I;
- Pozolana: Cinza de casca de arroz de leito fluidizado (CCA).

2.2 Caracterização dos materiais

A caracterização dos blocos cerâmicos enontra-se na tabela 1:

Tabela 1: Características físicas dos blocos cerâmicos

Ensaios	Resultado
Índice de absorção de água (%) NBR 15270 (ABNT, 2005)	11,69
Índice de absorção de agua inicial (g/193,55cm²/min) NBR NM15270-3 45 (ABNT, 2005)	45,47

A caracterização física do agregado miúdo consta na tabela 2:

Tabela 2: Característica física do agregado miúdo

Ensaios	Resultado
massa específica (g/cm³) NBR NM 52 (ABNT, 2009)	2,59
massa unitária no estado solto (kg/m³) NBR NM 45 (ABNT, 2006)	1,51

A distribuição granulométrica do agregado miúdo consta na tabela 3:

Tabela 3: Distribuição granulométrica do agregado miúdo – NBR NM 248 (ABNT, 2003)

Granulometria		
Série normal (mm)	Massa retida (%)	Massa retida acumulada (%)
2,4	4	4
1,2	10	14
0,6	22	36
0,3	47	83
0,15	7	90
<0,15	10	100
Total	100	---
Dimensão máxima característica	2,4 mm	
Módulo de finura	2,26 mm	

2.3 Caracterização dos aglomerantes

O cimento usado como aglomerante para a produção das argamassas consiste em Portland CPII F 32, conforme a NBR 11578 (1997). Este cimento foi escolhido devido à inexistência

de pozolana em sua composição. A tabela 4 apresenta os resultados dos ensaios químicos e físicos do cimento:

Tabela 4: Caracterização química e física do cimento CPII F 32

Ensaios	Resultado
Massa específica - NBR NM 23 (ABNT, 2001)	3,11 g/cm³
Área Específica Blaine - NBR NM 76 (ABNT, 1998)	26,3 cm²/g
Finura - Resíduo na Peneira de 0,075 mm (#200) NBR 11579 (ABNT, 2013)	2,04%
Resistência à compressão aos 28 dias - NBR 7215 (ABNT, 1997)	40,8 MPa
Início de pega - NBR NM 65 (ABNT, 2003)	3h:15min
Fim de pega - NBR NM 65 (ABNT, 2003)	3h:57min

Fonte: Itambé, 2013

A cal hidratada empregada do tipo CH-I, conforme NB 7175 (2003), utilizada nas argamassas de revestimento e tem suas características químicas e físicas na tabela 5:

Tabela 5: Caracterização química e física do cal CH-I

Ensaios		Resultados
Densidade aparente		0,712 g/cm³
Finura	peneira # 200	1,50 %
Químicos (%)	MgO	29,80 %
	CaO	43,00 %
	Óxidos Totais (MgO+CaO)	95,40 %
	Óxidos totais não hidratados	10,59 %
	CO_2	1,70%

Fonte: Hidracal, 2013

A figura 1 apresenta a curva granulométrica dos aglomerantes, da pozolana e da fração passante na peneira 75µm do agregado miúdo.

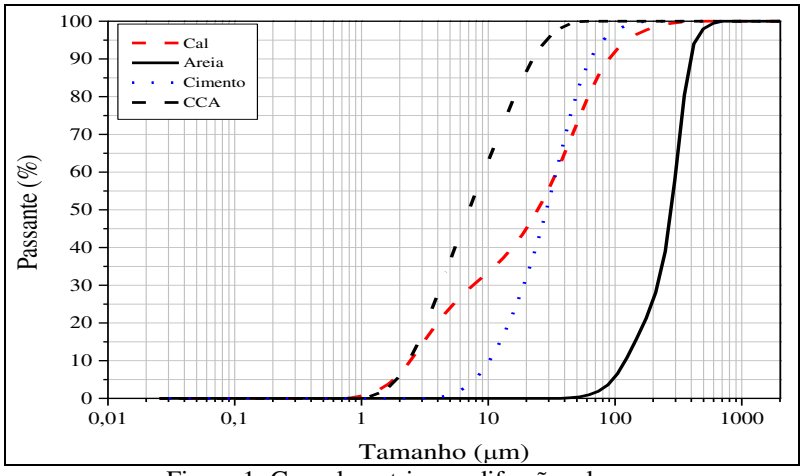


Figura 1: Granulometria por difração a laser

A figura 2 apresenta o difratograma da caracterização minerológica da CCA realizada no equipamento Siemens D5000.

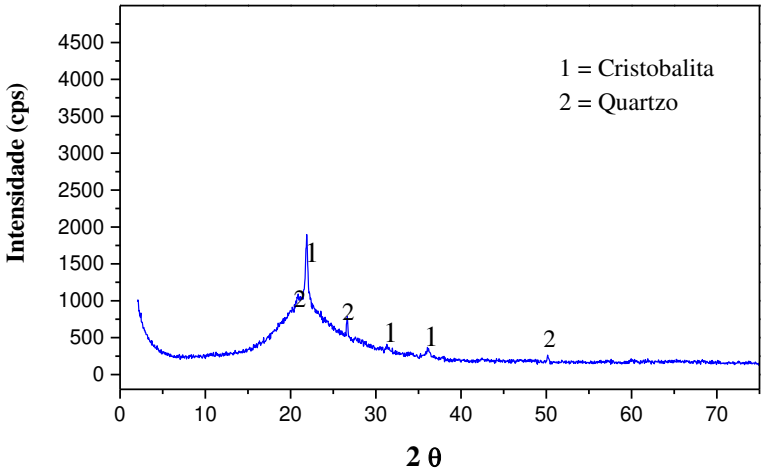


Figura 2 – Difratograma de Raios X da Cinza de casca de arroz.
Fonte: Fedumenti (2013)

A presença de picos de cristobalita (SiO_2) pode ser em decorrência do potássio presente na casca de arroz, visto que o mesmo incrementa a velocidade de fusão e cristalização de sílica amorfa, conforme comenta Della, Kühn e Hotza (2001). Já a presença do quartzo se explica pela possível contaminação da amostra no processso de fluidização da casca de arroz no leito do forno (ANGEL et al., 2009).

2.4 Produção das argamassas

Para a produção das argamassas foi utilizado um traço de 1:1:6 em volume. A mistura das mesmas foi realizada através de uma pré-mistura de areia, cal, resíduo e água, de 16 a 24 horas antes de adicionar o cimento, baseado na NBR 13276 (ABNT, 2005). A preparação da pré-mistura foi realizada numa argamassadeira de eixo vertical, em que areia foi misturada com a cal e 50% da água da mistura. Para as argamassas com substituição parcial de cimento por cinza de casca de arroz foram utilizados volumes de pozolana equivalentes ao volume de 4% e 8% da massa de cimento.

Após 24 horas da hidratação da pré-mistura, foi realizada a mistura da argamassa, adicionando-se o cimento, a CCA e a água necessária para o ajuste do índice de consistência. A fim de manter um mesmo padrão para todas as argamassas foi fixada a trabalhabilidade através do índice de consistência em 260 ± 5 mm, conforme a NBR 13276 (ABNT, 2005). As argamassas foram caracterizadas no estado fresco e moldadas para a caracetrização no estado endurecido. Durante a cura das argamassas foi realizado o ensaio de variação dimensional NBR 15261 (ABNT, 2005), e após 28 dias, os ensaios no estado endurecido.

Para a avaliação do módulo de elasticidade dinâmico, por meio da variação da propagação de ondas ultrassônicas, foram moldados corpos-de-prova cilíndricos de 10x20 cm. Esses foram desmoldados com 24h de idade e mantidos em condições controladas de laboratório. Foram tomadas as medidas de propagação de ondas ultrassônicas, através do aparelho Pundit, nos tempos de 7, 21 e 28 dias, conforme na NBR 15630 (ABNT, 2009).Após 28 dias, estes espécimes foram retificados e tomada mais um leitura da propagação de ondas ultrassônicas.

Paralelamente, foi realizado o ensaio de capilaridade adaptado da Rilem TC 116-PCD (RILEM TECHNICAL COMMITTEES, 1999) no conjunto do substrato, chapisco e revestimento, curado em sala climatizada com temperatura de 23±2ºC e umidade de 60%. A

adaptação do ensaio se deu nos tempos empregados para as medições, que consistem em 30 segundos, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 1440, 2880 e 5760 minutos. Neste ensaio, foram empregadas as argamassas revestimento, aplicadas através de uma caixa de queda a um metro de altura (para manter a uniformidade na aplicação), sobre uma camada de preparo de chapisco, com traço 1:3, projetada manualmente por um mestre pedreiro.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Caracterização da Argamassa no Estado Fresco

Na tabela 6 são apresentados os resultados dos ensaios de caracterização das argamassas no estado fresco.

Tabela 6: Argamassas no Estado Fresco

Ensaios de caracterização	**Método**	**Argamassa**		
		Referência	Substituição 4%	Substituição 8%
Índice de Consistência por Espalhamento (mm)	NBR 13276 (ABNT, 2005)	260,3	263,5	261
Teor de Ar Incorporado (%)	NBR 13278 (ABNT, 2005)	6	5,5	5,8
Densidade de Massa (kg/m³)	NBR 13278 (ABNT, 2005)	2.057,54	2.028,19	2.034,94
Retenção de Água (%)	NBR 13277 (ABNT, 2005)	99,43	99,59	99,67

Observa-se que foi atingida a consistência especificada no programa experimental.
As argamassas no estado fresco podem ser classificadas, segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005), conforme consta na tabela 7.

Tabela 7: Classificação das argamassas no Estado Fresco

Requisito	**Argamassas / classe**		
	Referência	Substituição 4%	Substituição 8%
Densidade de Massa	D5/D6	D5/D6	D5/D6
Retenção de Água	U6	U6	U6

Considerando os requisitos no estado fresco da NBR 13281 (ABNT, 2005), as três argamassas ensaiadas encontram-se na mesma classe. Considerando as médias individuais dos ensaios verifica-se que as variações são pequenas, o que justifica a mesma classificação.
O ensaio de squeeze-flow foi realizado de acordo com a NBR 15839, (ABNT, 2010), na velocidade de 0,1 mm/s para 15 minutos após a mistura. Na figura 3 estão apresentados os resultados do squeeze-flow das argamassas utilizadas.

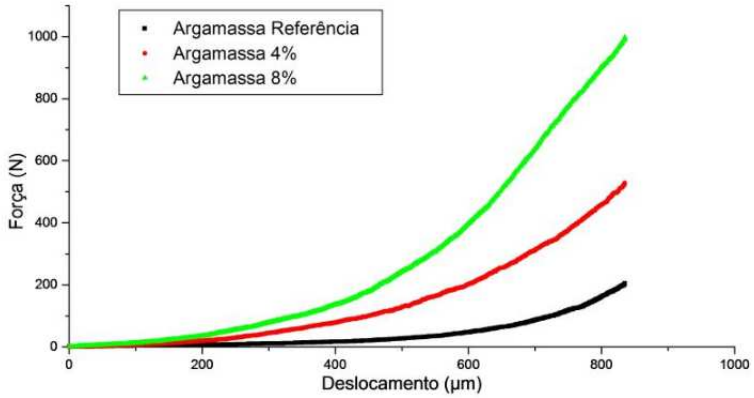


Figura 3: Squeeze-flow

Segundo Freitas (2010), os resultados do ensaio squeeze-flow permitem realizar uma analogia com a aplicação da argamassa no revestimento. As argamassas que possuem maior deslocamento com menor carga, tendem a ter maior trabalhabilidade. Isto é observado na argamassa de referência. Já a argamassa com teor de 4% apresenta uma trabalhabilidade intermediária, em função da carga aplicada. Para a argamassa com teor de 8%, os resultados indicam que possivelmente a aplicação desta argamassa será de difícil aplicação e resultaria em baixa produtividade.

3.2 Caracterização da Argamassa no Estado Endurecido

Na Tabela 8 são apresentados os resultados dos ensaios de caracterização da argamassa no estado endurecido.

Tabela 8: Argamassas no Estado Endurecido

Ensaios de caracterização	**Método**	**Argamassas**		
		Referência	Substituição 4%	Substituição 8%
Resistência à Compressão (MPa)	NBR 15279 (ABNT, 2005)	5,51	5,59	5,60
Resistência à Tração na Flexão (MPa)	NBR 15279 (ABNT, 2005)	2,81	2,80	2,61
Determinação da Absorção total de Água (%)	NBR 9778 (ABNT, 2005)	39,89	39,98	41,08
Coeficiente de Capilaridade ($g/dm^2.min^{1/2}$)	NBR 15259 (ABNT, 2005)	4,12	6,47	7,92
Densidade de Massa (kg/m^3)	NBR 13280 (ABNT, 2005)	1.919,60	1.932,90	1.950,23
Índice de Vazios (%)	NBR 9778 (ABNT, 2005)	24,51	24,36	23,36
Massa Especifica Real (g/cm^3)	NBR 9778 (ABNT, 2005)	2,51	2,50	2,43

Na tabela 9. São a´resentadas as classificações das argamassas no estado endurecido, segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005).

Tabela 9: Classificação das argamassas no Estado Endurecido

Requisito	**Argamassas / classe**		
	Referência	Substituição 4%	Substituição 8%
Reistência à Compressão	P4/P5	P4/P5	P4/P5
Resistência à Tração na Flexão	R4/R5	R4/R5	R4
Coeficiente de Capilaridade	C3/C4	C4/C5	C5
Densidade de Massa	M5/M6	M5/M6	M5/M6

A variação dimensional das argamassas segundo a NBR 15261 (ABNT, 2005) apresentou um único perfil retração, conforme figura 4. Barbosa *et al.* (2011) observaram que uma taxa de variação inferior 0,7 mm/m indica menor potencial de fissuração. Neste sentido, pode-se observar que tanto a argamassa de referência quanto as argamassas com CCA não apresentam risco potencial de fissuração (Figura 4).
Assim como os resultados de variação dimensional, a perda de massa para os três tipos de argamassa não apresentaram diferenças significativas. Observa-se que as maiores perdas de massa e variações ocorreram entre 3 e 7 dias.

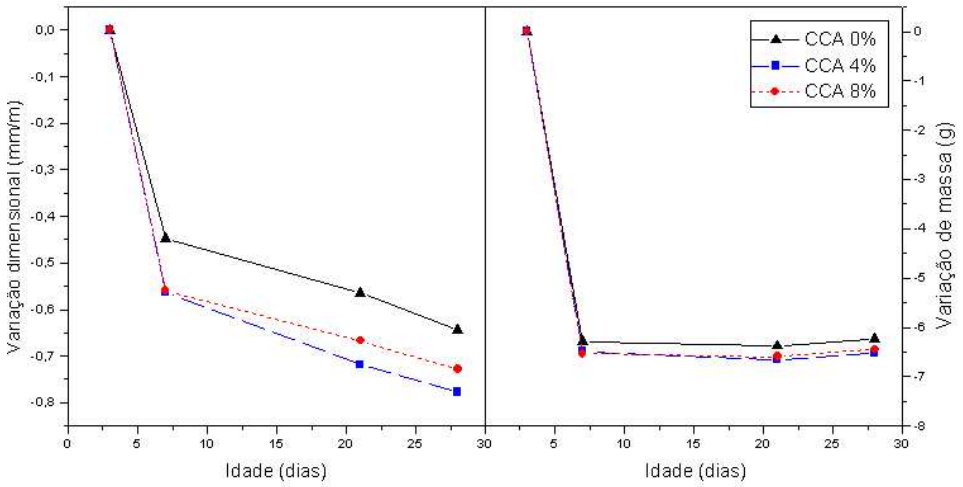


Figura 4: Variação dimensional

Quanto aos resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão e tração na flexão, pode-se observar que todas as argamassas encontram-se nas mesmas faixas de variação A análise de variância (ANOVA) indicou, a um nível de significância α de 5%, que o teor de CCA não exerce influência significativa nas propriedades estudadas, pois o valor 'p' retornado para Rc e Rf foi de, respectivamente, 0,89 e 0,56, ambos maior do que α. A figura 5

apresenta o comportamento das resistências obtidas. A figura 5 apresenta o comportamento das resistências obtidas.

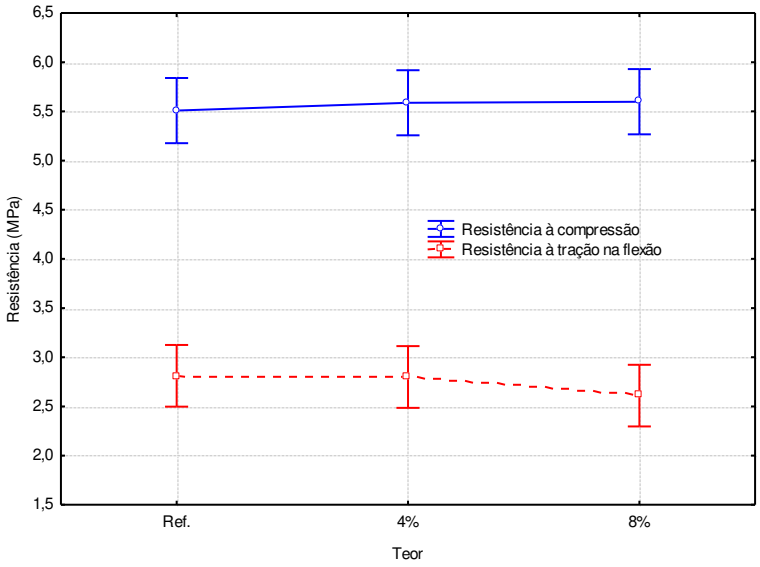


Figura 5: Resistência à tração na flexão e compressão

3.3 Módulo de elasticidade dinâmico

A figura 6 apresenta o comportamento do módulo de elasticidade dinâmico para as diferentes argamassas ao longo do tempo.

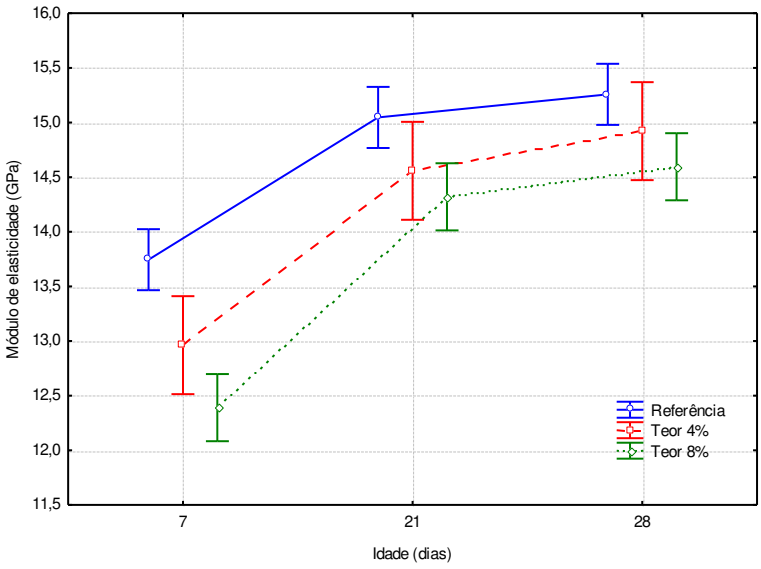


Figura 6: Módulo de elasticidade para cada argamassa

Através da análise de variância (ANOVA), com nível de significância α de 5%, realizada para a determinação do módulo de elasticidade dinâmico durante o período analisado, observa-se

um nível de confiança de 97%. Assim, pode-se afirmar que há influência dos teores de CCA empregados nas argamassas nas propriedades ensaiadas ao longo do tempo. Para os resultados obtidos aos 28 dias na determinação do módulo de elasticidade estático, pode-se observar que há diferença estatística para as argamassas testadas, nos mesmos critérios de análise estatística. A tabela 10 apresenta os resultados da análise estatística.

Tabela 10 - Análise de variância (ANOVA) do efeito da CCA Módulo de elasticidade aos 28 dias

	GDL	MQ	F	Valor de P	Efeito significativo
Teor	2	549094,7	3,885	0,0311	S
Erro	14				

3.4 Índice de vazios

Os índices de vazios obtidos nas argamassas foram tratados através da análise de variância (ANOVA), com nível de significância α de 5%, observa-se um nível de confiança de 80%. É possível afirmar que não há influência dos teores de CCA empregados nas argamassas na propriedade ensaiada. A tabela 11 apresenta os resultados da análise estatística.

Tabela 11 - Análise de variância (ANOVA) do efeito da CCA no índice de vazios aos 28 dias

	GDL	MQ	F	Valor de P	Efeito significativo
Teor	2	4,514	2,03	0,211	N
Erro	8				

Observando a figura 7, percebe-se que os comportamentos para o módulo de elasticidade dinâmico e o índice de vazios seguem a mesma tendência de pequena diminuição conforme se adiciona a CCA. Isto significa que maiores adições de CCA diminuem o índice de vazios da argamassa, porém indicam que ela seja mais deformável segundo o módulo de elasticidade dinâmico.

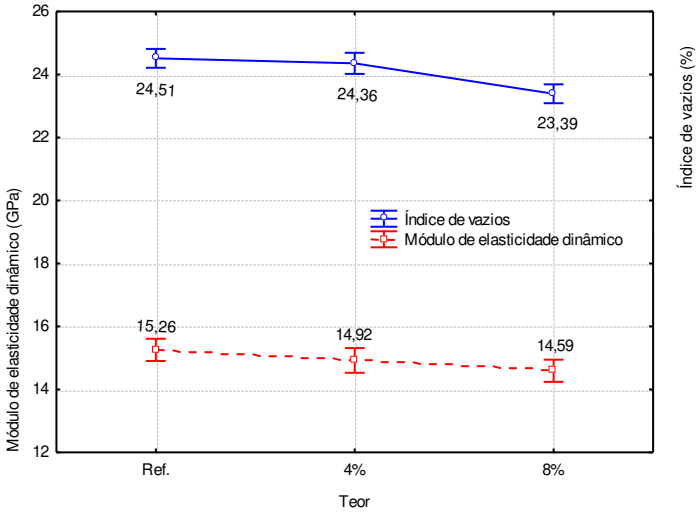


Figura 7: Relação módulo de elasticidade dinâmico e índice de vazios

3.5 Coeficiente de capilaridade

Os valores dos coeficientes de capilaridade obtidos nas argamassas foram tratados através da análise de variância (ANOVA), com nível de significância α de 5% e obteve-se um nível de confiança de 97,8%. É possível afirmar que há influência dos teores de CCA empregados nas argamassas na propriedade ensaiada. Os resultados da análise estatística encontram-se na tabela 12.

Tabela 12 - Análise de variância (ANOVA) do efeito da CCA no coeficiente de capilaridade as 28 dias

	GDL	MQ	F	Valor de P	Efeito significativo
Teor	2	13,11	5,143	0,022	S
Erro	8				

Conforme a figura 7, percebe-se que os comportamentos para o coeficiente de capilaridade e o índice de vazios são inversamente proporcionais, conforme se aumenta o teor de CCA. Isto significa que maiores adições de CCA aumentam o coeficiente de capilaridade da argamassa, pois um refinamento dos poros tende a aumentar a tensão capilar, e indicam que ela seja mais deformável segundo o módulo de elasticidade dinâmico.

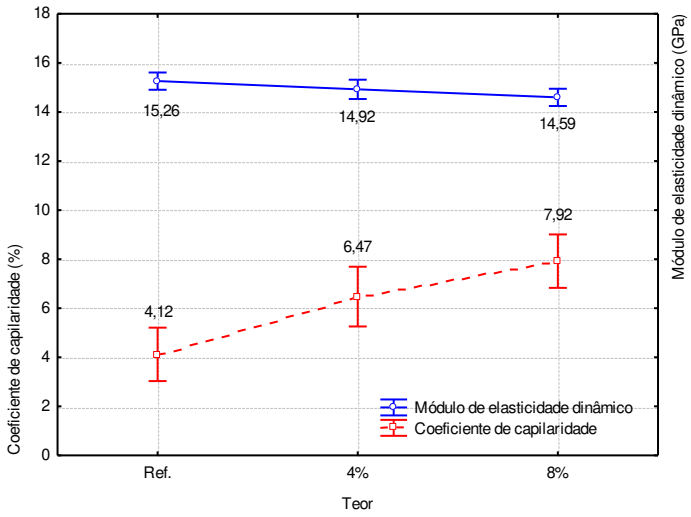


Figura 8: Relação coeficiente de capilaridade e módulo de elasticidade dinâmico

Para Silva (2004) a sílica presente na CCA atua na fase pasta de cimento e também na interface ou ligação pasta/agregado, cuja ação pode se dar de duas formas: efeito microfiller e efeito pozolânico. Esses dois efeitos e suas ações levam a um aumento significativo da compacidade dos concretos e argamassas, reduzindo sensivelmente o volume de vazios, além de fortalecer a microestrutura e promover um refinamento dos poros.

Da mesma forma, a absorção de água por capilaridade está diretamente relacionada com a dimensão dos poros das argamassas, bem como com a sua conectividade. A maior parte da água absorbida pelo compósito se dá através dos poros capilares. Assim, o efeito de capilaridade é mais intenso quanto menores forem as dimensões dos poros (PEREIRA, 2008).

3.6 Absorção capilar do conjunto

Para a absorção capilar dos conjuntos chapiscados e revestidos, em até 96 horas, percebe-se que os dados obtidos apresentam um paralelismo no comportamento. Neste caso, a argamassa de referência, foi a que proporcionou menor absorção capilar total no conjunto. Para o teor de 4% de CCA, a taxa de absorção capilar apresentou um aumento de 6,9% em relação ao referência. Já no caso do teor de 8%, a diferença fica em 11,9%. Os dados obtidos encontram-se na figura 9.

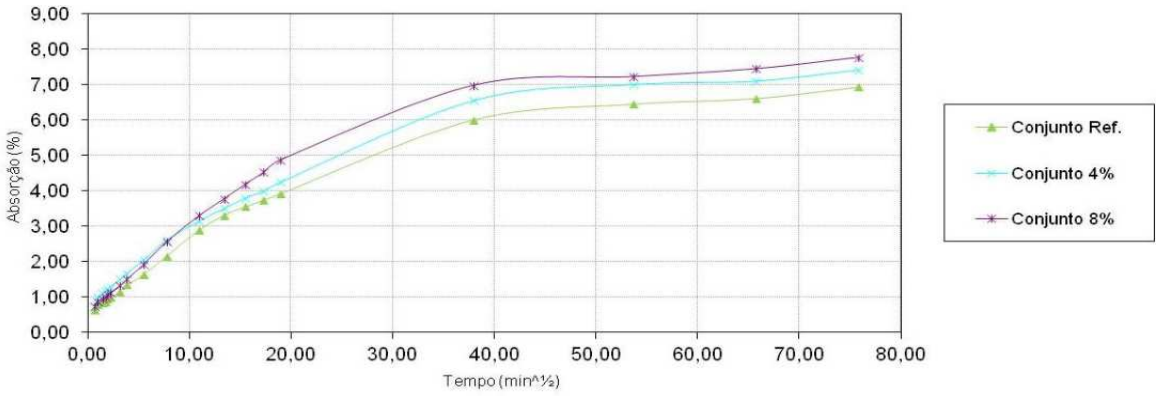


Figura 9: Perfil de absorção capilar dos conjuntos

Conforme os resultados deste ensaio, é possível observar um comportamento similar daquele obtido somente nos corpos de provas de argamassa quanto à absorção capilar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Quanto à caracterização da argamassa no estado fresco e endurecido, as argamassas apresentaram praticamente as mesmas classificações de norma.
- O emprego do ensaio dinâmico pelo ultrassom mostrou-se eficaz e de fácil realização. É importante ressaltar que este método é não-destrutivo, podendo ser realizado em várias condições. O emprego do ensaio apresentou uma tendência de comportamento similar com o indicador de porosidade pela absorção total. Por outro lado, apresenta uma tendência de comportamento com resultados inversos aos obtidos no ensaio de absorção capilar. Isto indica que mais estudos devem ser realizados neste sentido.
- O uso da cinza da casca de arroz, dentro das limitações deste programa experimental, apresentou uma tendência de maior compacidade, sem prejudicar a deformabilidade da argamassa, segundo o módulo de elasticidade encontrado.
- A substituição do cimento em 4% de CCA promoveu resultados mais satisfatórios na maioria das características ensaiadas, além de promover a diminuição no consumo de cimento
- Acredita-se, que o refinamento dos poros, provocada pelo uso da CCA nas argamassas, aumentou a absorção capilar, sem que provocasse alterações significativas no índice de vazios.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, N. G.; FARIA, P.; PINTO, A. P. **Argamassas com base em cal aérea e cinzas de casca de arroz para conservação do patrimônio construído**. *In*: 2° CONGRESSO NACIONAL DE ARGAMASSA DE CONSTRUÇÃO. **Anais**..., 2007.

ANGEL, J. D. M. et al. **Caracterização de cinza obtida por combustão de casca de arroz em reator de leito fluidizado**. Química Nova, v. 32, n. 5, p.1110-1114, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7175: **Cal hidratada para argamassas - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2003.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778: **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: **Cimento Portland composto - Especificação**. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13280: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281 - **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13277: **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13278: **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13749: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15259: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15261 - **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear).** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15630 **- Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-1: **Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Terminologia e requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: **Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: **Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

BARBOSA, W. DA S. *et al.* **Estudo do teor de aditivo compensador de retração em argamassa de revestimento de baixa espessura**. *In*: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS. **Anais**... Belo Horizonte, 2011

BASTOS, P. K. X. *et al.* **Estudo do Módulo de Elasticidade de Argamassas de Revestimento Sujeitas à Sucção de Água pela Base**. *In*: SOB A ÉGIDE DA ENERGIA. **Anais**... APFAC. Lisboa, 2010.

CARDOSO, F. A. **Método de formulação de argamassa de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico**. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo, 2009. Tese de Doutorado.

CINCOTTO, M. A. *et al.* **O Efeito da Carbonatação na Porosidade de Argamassas de Cimento, Cal e Cimento:Cal**. *In*: 3° Congresso Português de Argamassas e Etics. **Anais**... 2010.

FREITAS, C. DE. **Argamassas de revestimento com agregados miúdos de britagem da região metropolitana de Curitiba: propriedades no estado fresco e endurecido**. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná, 2010. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil.

GONÇALVES, H. *et al.* **Argamassas bastardas controladoras de humidade ambiente**. *In*: IV CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSAS E ETICS. **Anais**...Coimbra, 2012.

MONTE, R.; BARROS, M. M. S. B. **Proposta de método de ensaio estático para avaliação do módulo de elasticidade de argamassas com prisma na vertical**. *In*: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS. **Anais**...Belo Horizonte, 2011.

MONTE, R.; SILVA, A. C.; FIGUEIREDO, A. D. **Avaliação da influência do teor de ar no módulo de elasticidade de argamassas**. *In*: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS. **Anais**... Recife, 2007.

PEREIRA, T. A. R. **Optimização das características de humedecimento e secagem de argamassas**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2008. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Reabilitação de Edifícios.

RILEM TECHNICAL COMMITTEES. RILEM TC 116 PCD: Permeability of concrete as a criterion of its durability. **Materials and Structures**, 1999. v. 32, p. 174–179.

SILVA, V. S. **Aderência de chapiscos em concretos estruturais - melhoria da microestrutura da zona de interface pela adição da sílica da casca de arroz**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2004.