

ESTUDO DO TEMPO EM ABERTO DE ARGAMASSAS PRODUZIDAS COM SÍLICA DE CASCA DO ARROZ

Nadine Cortese¹

Guilherme Durigon Cocco²

Luis Eduardo Kostaschi³

Marcelo de Jesus Dias de Oliveira⁴

Ederli Marangon⁵

Resumo:

Procurando práticas sustentáveis afim de reduzir a poluição que o cimento Portland causa ao meio ambiente, temos a sílica de casca do arroz (SCA) que com a queima controlada da casca de arroz possui uma elevada reatividade e atividade pozolânica, assim como uma granulometria parecida com a do cimento, podendo então substituí-lo parcialmente nas misturas, tornando-as inclusive mais vantajosas economicamente. Essa pesquisa objetivou avaliar as propriedades e características de argamassas de assentamento com substituições de cimento Portland por SCA em diferentes intervalos de tempo. A análise foi feita a partir de um traço referência com resistência à compressão de 8MPa, onde foram feitas substituições em massa de cimento Portland por SCA em 5, 10, 15, 20 e 30%, com a água fixada em 0,7. Para a análise do comportamento reológico das argamassas foram realizados os ensaios de mesa de consistência (Flow Table), densidade da massa e teor de ar incorporado logo após a confecção da mistura e o Squeeze Flow e Vicat Modificado nos tempos 15, 60, 120 e 180 minutos, todos obedecendo suas respectivas normas. Identificamos que a densidade de massa e o teor de ar incorporado não sofreram alterações significativas com a presença da SCA. Já nos resultados obtidos pelos ensaios de consistência (Flow Table e Vicat Modificado) as mudanças foram maiores de acordo com as substituições. O espalhamento e a penetração diminuíram conforme aumentou-se a porcentagem de SCA, o que pode ser explicado pela forma lamelar que a sílica possui. Com o passar do tempo, controlado no ensaio de Vicat Modificado, a penetração diminuiu ainda mais, pelo fato da sílica ser porosa e absorver a água da mistura, deixando-a seca. No ensaio de Squeeze Flow os dados sugerem uma melhora na trabalhabilidade da argamassa com substituição de 5% na mistura em relação ao traço referência, porém esse comportamento não se repete nas idades superiores, o deslocamento diminui, aumentando a rigidez. Na análise dos resultados notou-se que não houve melhoras significativas nas propriedades das argamassas no estado fresco, porém até 60 minutos baixas substituições de SCA (até 15%) podem ser feitas sem prejudicar a trabalhabilidade da mistura, reduzindo o custo e a poluição na produção.

Palavras-chave: Argamassa, Reologia, Squeeze Flow, Sílica de Casca do Arroz.

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

ESTUDO DO TEMPO EM ABERTO DE ARGAMASSAS PRODUZIDAS COM SÍLICA DE CASCA DO ARROZ

¹ Aluno de graduação. didicortese@gmail.com. Autor principal

² Aluno de Graduação. guidcocco@gmail.com. Co-autor

³ Docente. luiskosteski@unipampa.edu.br. Co-autor

⁴ Engenheiro UNIPAMPA. marcelooliveira@unipampa.edu.br. Co-autor

⁵ Docente. ederlimarangon@unipampa.edu.br. Orientador

ESTUDO DO TEMPO EM ABERTO DE ARGAMASSAS PRODUZIDAS COM SÍLICA DE CASCA DO ARROZ

1 INTRODUÇÃO

Materiais Cimentícios a base de cimento Portland, tem grande utilização devido a facilidade de fabricação à temperatura ambiente, alta funcionalidade e baixo custo. Apesar disso, representam de 5 a 8% da emissão de CO₂ mundial, gerando necessidades de inovar e renovar-se em função da sustentabilidade (SCRIVENER; KIRKPATRICK, 2007).

O cimento Portland durante o seu processo de produção, libera entre 600 e 900kg de CO₂ para cada tonelada produzida (SNIC, 2014). Isso provoca um aumento expressivo da pressão sob as indústrias relacionadas à construção civil quanto à utilização de práticas sustentáveis, e as adições minerais apresentam-se como opções para a redução da poluição. Dentre elas, destacam-se a adoção de materiais pozolânicos e minerais, como sílica ativa, cinza volante e cinza de biomassa (FRANÇA, 2016), e que ao mesmo tempo sejam viáveis tecnicamente, economicamente e produtivamente (KLIMACZEWSKI, 2017; CARDOSO, 2009).

Os estudos das propriedades reológicas das argamassas ainda são secundários, porém, segundo Klimaczewski (2017), o estudo destas auxilia no combate a patologias comuns, uma vez que a falta de controle dos parâmetros reológicos pode resultar em retrações plásticas e consequentemente em fissuras, devido a fatores ligados diretamente a problemas de segregação, exsudação e trabalhabilidade da mistura.

O principal componente da cinza de casca de arroz (CCA) é o dióxido de cálcio (SiO₂), no qual pode variar entre 74 a 97% independentemente do tipo da queima. (TASHIMA ET AL., 2004). Segundo Marangon et al. (2013), além de apresentar uma estrutura química predominantemente amorfa, a produção de sílica (SCA) através da queima controlada da casca de arroz se mostra um material com elevada reatividade e atividade pozolânica (~91,48%), apresentando características granulométricas muito parecidas com o cimento Portland, porém com maior superfície específica.

A presença da SCA no meio alcalino da pasta de cimento gera uma reação com o hidróxido de cálcio formado pela hidratação do mesmo (CORDEIRO et al., 2009^a), o qual tem pouca influência em aumentos de resistência mecânica (MARANGON et al., 2013), gerando assim fases químicas com maior estabilidade e poder aglomerante (CARMO & PORTELLA, 2008), as quais são diretamente proporcionais à melhores resultados para estes testes.

As sílicas também podem atuar como filler inerte (Menezes et al., 2009), otimizando o empacotamento das partículas e promovendo assim um comportamento reológico mais adequado ou menor consumo de finos e água (CARDOSO, 2009).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da substituição de cimento Portland por SCA na reologia de argamassas de assentamento em diferentes intervalos de tempo (chamado tecnicamente de tempo em aberto), objetivando avaliar as principais mudanças em suas propriedades e características.

2 METODOLOGIA

A realização deste trabalho partiu de um traço de argamassa referência (REF) comercial, com resistência à compressão de 8 MPa, onde foram feitas substituições em massa de Sílica de Casca de Arroz (SCA) em função do cimento Portland, sendo elas de 5, 10, 15, 20 e 30%. A fim de não interferir na morfologia e afastamento das partículas da mistura, a relação de água por material cimentante foi fixada em 0,7. Os agregados miúdos são provenientes da jazida da empresa Fida de Caçapava do Sul. O traço referência é composto

pelos seguintes materiais: Areia Fina Calcária (AF), Areia Média (AM), Areia Grossa (AG), Filler Calcário (Fi), Cal Hidráulica (Cal) e Cimento CP II – F 32 (Cim). A Tabela 1 apresenta a composição dos traços utilizados. A caracterização completa destes materiais é apresentada em Klimaczewski (2017).

Tabela 1 – Quantitativo de materiais por traço.

Traço	AG	AM	AF	Fi	Cal	Cim	SCA
REF	120	190	340	110	120	120	-
SCA5	120	190	340	110	120	114	6
SCA10	120	190	340	110	120	108	12
SCA15	120	190	340	110	120	102	18
SCA20	120	190	340	110	120	96	24
SCA30	120	190	340	110	120	84	36

Fonte: Elaboração própria.

O comportamento reológico das misturas foi avaliado a partir dos seguintes ensaios: Ensaio de mesa de consistência (Flow Table) (NBR 7215/96), Vicat modificado (NBR 14399/99), densidade da massa e teor de ar incorporado (NBR 13278/05) e Squeeze Flow (NBR 15839/10). A mistura dos componentes da argamassa foi realizada conforme a NBR 7215/96, utilizando misturador mecânico planetário com velocidade variável.

A avaliação da mistura com o ensaio de Squeeze Flow e Vicat Modificado foi feita nas seguintes idades: 15 (inicial), 60, 120 e 180min, sendo os demais ensaios feitos apenas logo após a confecção da mistura. Resultados de temperatura também foram controlados ($20 \pm 2^\circ\text{C}$).

Com base na NBR 15839/10, o ensaio de Squeeze Flow foi executado na máquina de ensaios Shimadzu AGS-X a uma velocidade de 0,1mm/s, com amostra de 100mm de diâmetro e espessura de 10mm. O método adaptado usado neste trabalho consiste na aplicação de um esforço de compressão na amostra (conforme normativa) até a mesma apresentar 1kN de resistência ou 9mm de deslocamento. A Figura 1 mostra os ensaios nos quais as amostras foram submetidas.

Figura 1 – Ensaios Reológicos de caracterização. a) Ensaio de Flow Table b) Densidade e ar incorporado c) Vicat Modificado d) Ensaio de Squeeze Flow.



Fonte: Elaboração própria.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através do ensaio de consistência (Flow Table) e dos ensaios para determinação de densidade de massa e teor de ar incorporado, foram encontrados os seguintes dados apresentados na Tabela 2.

Observa-se que os dados de espalhamento diminuíram conforme foi aumentada a porcentagem de SCA que pode ser explicada pela superfície lamelar, irregular e de grande

área superficial que a sílica da casca do arroz possui. Os resultados encontrados para a densidade de massa e o teor de ar incorporado não seguiram um aumento ou decréscimo significativo em relação à porcentagem de sílica substituída, portanto a SCA não tem maior relevância nestes resultados.

Tabela 2 – Dados obtidos através dos ensaios de mesa de consistência, densidade de massa e teor de ar incorporado.

Traço	Flow Table (mm)	Densidade de massa (kg/m³)	Teor de Ar Incorporado (%)
REF	283,20	2213,55	11
SCA5	271,20	2221,71	11
SCA10	270,07	2203,42	12
SCA15	265,73	2197,63	12
SCA20	266,87	2211,58	12
SCA30	256,37	2203,42	12

Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 3 temos os resultados obtidos pelo ensaio de consistência (Vicat Modificado), que foi realizado em idades diferentes.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de Vicat Modificado.

Traço	REF	SCA 5	SCA 10	SCA 15	SCA 20	SCA 30
Tempo	Penetração (mm)					
15 min	15,5	15,3	11,8	11,7	13,4	13
60 min	10,5	12,5	10,75	8,25	8,25	8,5
120 min	9	10,5	9,3	4,5	6,5	7,5
180 min	8	6	7,8	3,9	4	5,5

Fonte: Elaboração própria.

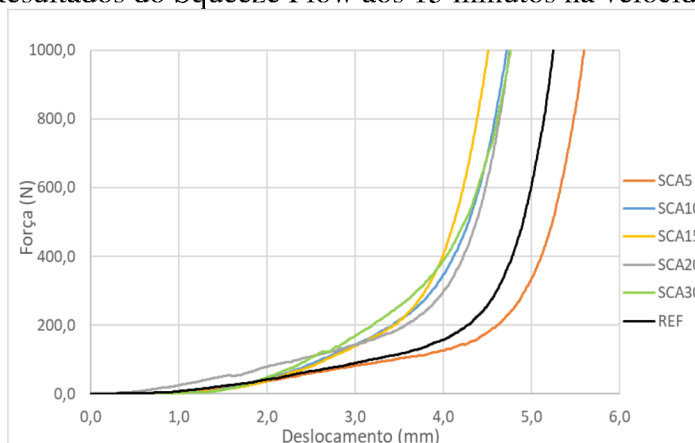
Nota-se que os valores de consistência destacados (em vermelho) mostram menores penetrações, ocorridas com o aumento da porcentagem de SCA e com o tempo em aberto da argamassa. Esses valores são encontrados, pelo fato de a sílica ser porosa e consequentemente absorver a água da mistura, deixando sua superfície seca sem lubrificação.

A avaliação das argamassas apenas pelos ensaios de consistência é insuficiente, portanto o ensaio de Squeeze Flow foi realizado para um estudo reológico um pouco mais detalhado. Os resultados obtidos nestes ensaios estão representados nas figuras 2, 3 e 4 diferindo-se pelo tempo de realização do mesmo, aos 15, 60 e 180 minutos, respectivamente.

Observa-se que as curvas com substituições superiores a 10% de SCA apresentam rigidez bem mais elevada comparada com o traço referência (sem substituição), devido o deslocamento ser menor. Essa rigidez aumenta com o tempo (menor deslocamento), dando baixa trabalhabilidade, dificultando a aplicação e consequentemente diminuindo a produtividade em obra.

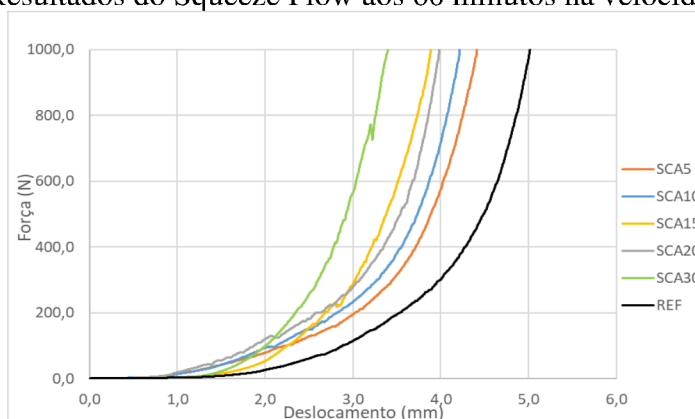
O traço com 5% de substituição de SCA é o que apresenta comportamento mais próximo ao de referência. Aos 15 minutos percebe-se que a curva SCA5 mostra maior deformabilidade que o traço referência, porém este comportamento não segue nos tempos superiores (as curvas em 60 e 180 minutos apresentam maior rigidez e menor deslocamento). Aparentemente esta melhora na trabalhabilidade pode ser devido a um comportamento físico da mistura, pois pelo formato da SCA e sua capacidade de reter água, a curva deveria indicar maior rigidez.

Figura 2 – Resultados do Squeeze Flow aos 15 minutos na velocidade 0,1mm/s.



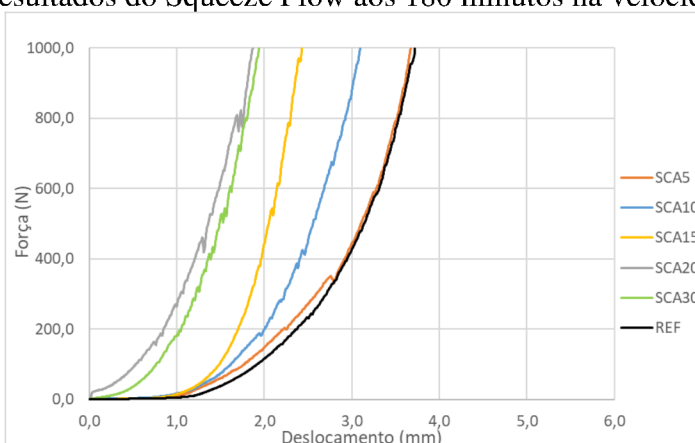
Fonte: Elaboração própria.

Figura 3 – Resultados do Squeeze Flow aos 60 minutos na velocidade 0,1mm/s.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 4 – Resultados do Squeeze Flow aos 180 minutos na velocidade 0,1mm/s.



Fonte: Elaboração própria.

4 CONCLUSÕES E AGRADECIMENTOS

Os resultados obtidos mostram que para tempos até 60 minutos, os traços com porcentagens até 15% de substituição de sílica da casca de arroz, podem ser utilizados sem maiores preocupações com a trabalhabilidade da argamassa, reduzindo, portanto, o custo e a emissão de CO₂ na atmosfera devidos ao uso de cimento. Para as misturas com mais SCA a

rigidez é bastante alta desde as pequenas idades, explicada pela maior área superficial da sílica, fazendo com que sejam ineficientes no ramo da construção civil.

Os autores agradecem a UNIPAMPA pela disponibilidade de seus laboratórios, o Grupo de Pesquisa MAEC – Materiais Aplicados à Engenharia Civil por total apoio durante a pesquisa, e o CNPq e a FAPERGS pelas bolsas de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **Relatório Final 2013**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

CARDOSO, Fernando Alonso. **Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico**. Tese de Doutorado, 2009. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, 2009.

CARMO, J. B. M.; PORTELLA, K. F. **Estudo comparativo do desempenho mecânico da sílica ativa e do metacaulim como adições químicas minerais em estruturas de concreto**. Cerâmica, v.54, p.309-318, 2008.

CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. M. R. **Caracterização de cinza do bagaço de cana-de-açúcar para emprego como pozolana em materiais cimentícios**. Química Nova, v.32, p.82-86, 2009a.

FRANCA, Débhora Flávia Soto et al. . Avaliação da reologia, da RAA e das propriedades de argamassas no estado fresco utilizando cinza de eucalipto como substituição parcial ao cimento Portland. **Ambient. constr.**, Porto Alegre , v. 16, n. 3, p. 153-166, set. 2016.

KLIMACZEWSKI, Felipe Augusto. Avaliação da reologia no estado fresco de argamassas com substituição de cimento portland por cinza volante, sílica da casca do arroz e metacaulim. 49p. 2017. **Trabalho de Conclusão do Curso** (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, Alegrete, 2017.

MARANGON, Ederli et al. **Índice de Atividade Pozolânica da Sílica de Casca de Arroz Silcca Nobre SCI Proveniente da Combustão em Leito Fluidizado [S.I.]** Alegrete, Rio Grande do Sul, Brasil, 2013.

MENEZES, R. R. et al. **Atividade pozolânica dos resíduos do beneficiamento do caulim para uso em argamassas para alvenaria**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.795-801, 2009.

SCRIVENER, k.I. KIRKPATRICK, Innovation in use and research on cementitious material. **12th International Congress of Chemistry of Cement**, Montreal, Canada, 2007.

TASHIMA, M. M.; SILVA, C. A. R. L.; AKASAKI, J. L. **Concreto com adição de cinza de casca de arroz (CCA) obtida através de um processo de combustão não controlada**. In: Jornadas Sud-Americanas de Ingeniería Estructural, 31, 2004, Mendoza, Argentina. Anais... Mendoza, Argentina: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, 2004. CD Rom.