

AValiação Mecânica de Concretos com Cinzas Pozolânicas Expostos à Solução de MgSO_4

Gean Oldra¹, Everton Soares¹, Gabriel Gavião Mendes¹, Deivid Mauren¹, Raphael Paim Martins¹, Letícia Oliveira¹, Ederli Marangon², Marcelo Oliveira³, Luiz Fernando Mota Marton⁴

1 - Acadêmicos do curso de Engenharia Civil Universidade Federal do Pampa
gean.oldra@gmail.com

2 - Professor/Pesquisador do curso de engenharia civil da Universidade Federal do Pampa
ederlimarangon@gmail.com

3 - Engenheiro civil da Universidade Federal do Pampa
marcelod.oliveira@gmail.com

4 - Engenheiro de Materiais, Responsável Técnico da RHA Solutions Engenharia Ltda.
fernando.marton@rhasolutions.com.br

Resumo. *O estudo de concretos expostos a solução de sulfatos é um importante tema de estudo, principalmente em regiões localizadas em áreas litorâneas ou próximas, cidades com significativa poluição industrial ou localizadas em áreas com alguns tipos de solos argilosos, regiões vulcânicas, locais onde a gasolina possui alto teor de enxofre, etc. Alguns tipos de sulfatos podem ser extremamente deletérios ao concreto devido às reações com o hidróxido de cálcio (CH) e com o silicato de cálcio hidratado (C-S-H). Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de investigar a exposição em água e em solução de sulfato de magnésio quanto as propriedades mecânicas de concretos com 3% de sílica de casca de arroz (3% do peso do cimento) e sem sílica. Ele é parte de um trabalho maior que vai investigar o efeito do ataque do sulfato em amostras com 0%, 3%, 5% e 10% de sílica (em substituição ao volume do cimento) nas idades de 56, 90, 180, e 360 dias de exposição, em concretos com 28 e 56 dias de cura em água desmineralizada, extraídos por carotagem.*

Palavras-chave: sílica de casca de arroz, ataque por sulfatos, propriedades mecânicas.

1. INTRODUÇÃO

Inicialmente, inúmeras pesquisas indicaram a elevada atividade pozolânica da cinza ou sílica da casca de arroz (CCA), sobretudo

quando produzida em processos controlados de queima e/ou moagem (MEHTA, 1977, JAMES e SUBBA RAO, 1986, ZHANG *et al.*, 1996, HWANG e CHANDRA, 2002, CORDEIRO *et al.*, 2009-a). Segundo Mehta (2011) para cada tonelada de arroz em casca produzida são gerados cerca de 200 kg de casca in natura (20% da produção de arroz em casca), que quando queimadas em caldeiras ou fornalhas geram aproximadamente 40 kg de sílica. Baseado na safra 2010/2011 no RS de 7.709.079 toneladas, segundo o IRGA (2013), estima-se uma produção de 308.363 toneladas de sílica de casca de arroz. Tal quantidade justifica a realização de estudos de aplicação nas diversas áreas da construção civil, pois sendo a sílica da casca de arroz um material altamente pozolânico, quando obtido pelos parâmetros corretos, sua utilização em combinação com o cimento *Portland* permite diversos ganhos de propriedades, tais como mecânicas e de durabilidade, além de ganhos significativos de custo (COSTENARO *et al.* 2003).

O principal objetivo deste trabalho é avaliar o efeito do uso da sílica da casca de arroz sobre os efeitos agressivos da solução de sulfato ao concreto com a adição de baixos teores de sílica de casca de arroz. O estudo foi realizado em teores baixos, já que, algumas empresas do Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo, substituem o

cimento portland pela Sílica de casca de arroz nesses teores ou próximo a eles.

2. Materiais e métodos

Para a dosagem dos concretos analisados foram utilizados os seguintes materiais:

- Cimento CP II Z 32 RS;
- Sílica de Casca de arroz – Silcca Nobre;
- Areia fina;
- Areia grossa;
- Brita;
- Aditivo plastificante de pega normal.

2.1 Caracterização dos materiais

O cimento utilizado na produção dos concretos foi o CP II Z-32 e suas características físico-químicas são apresentadas na tabela 1 e tabela 2.

Tabela 1 – Características Químicas do Cimento Utilizado.

NBR14656/01	NBR	Unidade	Média	Máx.	Min.	Norma
Perda ao fogo-PF	NM18/04	%	5,34	5,87	3,85	<ou=6,5
Oxido de magnésio-MgO	NM14/04	%	5,87	6,05	5,65	<ou=6,5
Anidrido sulfúrico-SO ₃	NM16/04	%	2,7	3,26	2,22	<ou=4,0
Anidrido carbônico-CO ₂	NM20/04	%	4,37	5	2,92	<ou=5,0
Resíduo insolúvel-RI	NM22/05	%	12,8	14,55	11,24	<ou=16,0
Equivalente alcalino em Na ₂ O	-	%	0,74			Não aplicável

Tabela 2 – Continuação da tabela 1.

Ensaio	NBR	Unid.	Máx	Min	Norma
Area espec.(Blaine)	NM76/98	M ² /kg	396	347	>ou=260
Massa específica	NM23/01	g/cm ³	-	-	Não aplic.
Finura-resíduo peneira 0,075mm	12826/93	%	4,2	2,3	<ou=12,0
Finura-resíduo peneira 0,044mm	NM43/02	%	14,4	8,6	Não aplic.
Início de pega	NM65/03	Min	270	230	>ou=60
Fim de pega	NM65/03	Min	355	305	<ou=480
Expansibilidade Le Chatelier quente	11582/91	mm	1	0	<ou=5,0

A sílica de casca de arroz utilizada é obtida através da combustão da casca de arroz em leite fluidizado, sendo gerado calor, vapor e energia elétrica durante o processo. Este material possui uma característica predominantemente amorfa, conforme visualizado no gráfico de difratograma da Figura 1. Pode ser observa na Figura 2 um baixo teor de carbono, devido que a coloração é próxima a do cimento. Na tabela 3 é apresentada a sua composição química.

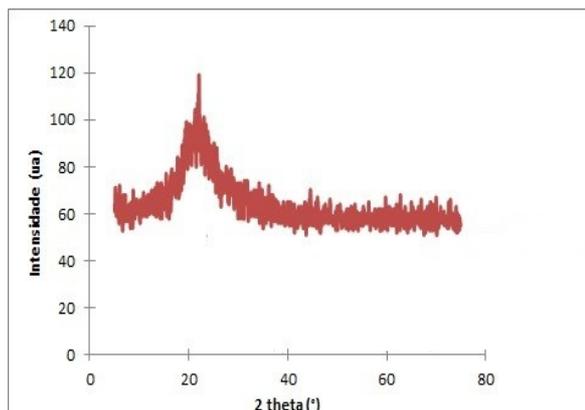


Figura 1 – (a) Difratograma da sílica de casca de arroz; (b) Distribuição granulométrica da sílica de casca de arroz.



Figura 2 – Sílica de casca de arroz.

Tabela 3 – Composição química da sílica de casca de arroz em %.

Perda ao fogo	3,5
SiO ₂	91,48
CaO	0,36
MgO	0,32
Fe ₂ O ₃	0,05
Al ₂ O ₃	ND
Na ₂ O	0,04
K ₂ O	1,40
TiO ₂	0,003
MnO	0,32
SO ₃	0,15
P ₂ O ₅	0,45

2.2 Métodos

A relação água cimento e o teor de aditivo químico foram mantidos constantes para todos os traços. A tabela 4 apresenta a composição dos traços usados neste trabalho.

Tabela 4 – Composição dos traços usados para 72 litros.

	Ref.	3%
--	------	----

Cimento kg	25,87	25,09
Sílica kg	0,00	0,19
Areia fina kg	35,56	35,56
Areia grossa kg	29,09	29,13
Brita kg	77,11	77,11
Água kg	12,93	12,93
Aditivo kg	0,21	0,20

O ataque por sulfato de magnésio foi investigado pela comparação entre corpos-de-prova submetidos a diferentes condições de exposição, após a cura por 28 dias em água dentro de uma sala climatizada com temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2$): as amostras foram imersas em água desmineralizada (amostras de controle) e na solução de 7,5% em massa de MgSO_4 por um período de 28 dias (idade total 56 dias). A solução foi agitada a cada 7 dias para evitar o aumento do pH. As amostras são corpos de prova cilíndricos (diâmetro de 50 mm e altura de 100 mm), extraídos por carotagem conforme pode ser visto na Figura 3.



Figura 3 – Extração dos corpos de prova.

A resistência à compressão dos concretos foi determinada pela ruptura axial dos corpos de prova. Na figura 4 pode ser observada a máquina de ensaios mecânicos utilizada.



Figura 4 – Máquina de ensaios mecânicos.

Os ensaios foram realizados a uma velocidade de deslocamento do travessão de 0,1 mm/min. Todas as amostras foram curadas em água durante 28 dias. Após, algumas amostras foram mantidas em água e outras colocadas em solução. Os ensaios foram realizados nos corpos de prova com 56 dias de idade. As amostras em solução ficaram submetidas durante 28 dias.

2.3 Resultados

A figura 5 mostra as curvas características de tensão x deformação. A tabela 5 apresenta os valores obtidos nos ensaios de resistência à compressão simples e a tabela 6 apresenta os módulos de elasticidade.

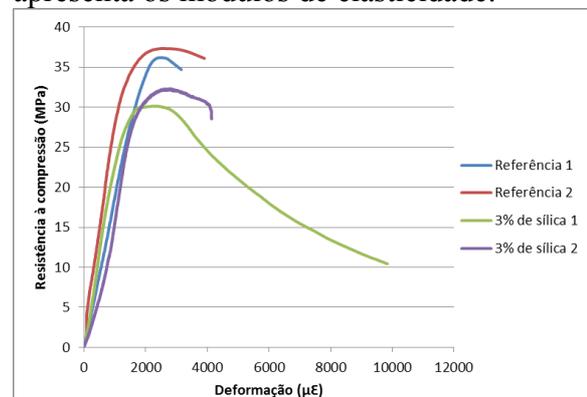


Figura 5 – Curvas características de tensão x deformação.

Conforme pode ser observado na tabela 5, a resistência à compressão das amostras contendo sílica foi levemente inferior a

mistura de referência. Além disso, as misturas colocadas em solução apresentaram valores ligeiramente maiores em relação as amostras de controle, possivelmente pela potencialização da hidratação. Outra observação importante é que os coeficientes de variação foram relativamente baixos, o que demonstra a qualidade dos resultados obtidos.

Tabela 5 – Resistência à compressão axial.

	Resistência à compressão axial (MPa)	28 dias em solução	
		Água	
Referência	Média	33,87	34,23
	Desvio padrão	2,08	4,20
	Coef. De variação	6,14	12,27
3% de sílica	Média	31,56	33,79
	Desvio padrão	1,23	1,34
	Coef. De variação	3,90	3,97

O módulo de elasticidade apresentou acréscimos quando comparado às misturas de referência e as misturas contendo sílica de casca de arroz. Na tabela 6 é possível observar que os valores de módulo para as amostras ensaiadas após terem sido submetidas a solução foram menores que as amostras mantidas em água.

Tabela 6 – Módulo de elasticidade.

	Módulo de elasticidade (Gpa)	Solução (28 dias em solução)	
		Água	
Referência	Média	16,53	16,17
	Desvio padrão	3,01	2,57
	Coef. De variação	18,19	15,89
3% de sílica	Média	19,28	17,73
	Desvio padrão	2,06	1,44
	Coef. De variação	10,68	8,14

2.4 Conclusões

Estatisticamente não houve variação significativa dos resultados da resistência à compressão entre o concreto de referência e os concretos contendo 3% de sílica de casca de arroz. Os valores obtidos do módulo de elasticidade apresentam uma queda quando comparadas as misturas em sulfato para as mantidas em água.

3. REFERÊNCIAS

COSTENARO, F. L. & LIBORIO, J. B. L. Efeito da adição de cinza e sílica da casca de

arroz em concretos. In: 45º Congresso Brasileiro do Concreto. Vitória, 2003.

MAYER, F. D.; CASTELLANELLI, C.; CREMONESE, G.; HOFFMANN, R.; OLIVEIRA, J. H. R. de. Viabilidade de geração de energia através da casca de arroz: Um estudo de caso. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. [S. 1.], 2007

MEHTA, Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo José Melaragno. *Concreto Estrutura, Propriedades e Materiais*. São Paulo: PINI, 1994.

PEROZZI, M. Brasil pode gerar 200 megawatts de energia com a casca do arroz. **Arroz Brasileiro**. Disponível em http://www.arroz.agr.br/site/arrozemfoco/04_0305.php. Acesso em 14 de abril de 2008.

HWANG, C. L., CHANDRA, S.. “The use of rice husk ash in concrete”. In: Chandra, S. (ed), **Waste materials used in concrete manufacturing**. New Delhi, Standard Publishers Distributors, pp. 184-234, 2002.

JAMES, J., SUBBA RAO, M.. **Reactivity of rice husk ash**. Cement and Concrete Research, v. 16, n. 3, pp. 296-302, 1986.

CORDEIRO, G. C., TOLEDO FILHO, R. D., FAIRBAIRN, E. M. R.. Avaliação físico-mecânica de concretos com cinzas pozolânicas expostos por longo tempo à solução de MgSO₄. ANAIS DO 51º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2009 – 51CBC0669