



ÍNDICE DE DESEMPENHO DE MISTURAS TERNÁRIAS CONTENDO CIMENTO PORTLAND CINZA DA CASCA DE ARROZ E NANOSSÍLICA COLOIDAL

Laércio Breno Moreira¹ (IC)*, Daniel da Silva Andrade (PQ)

¹ laercio-breno@hotmail.com (Universidade Estadual de Goiás – CCET)

Resumo: As adições minerais podem ser associadas em diversas combinações e teores, criando-se misturas de cimento com dois tipos de adição, as quais são denominadas misturas ternárias. Estas podem melhorar as propriedades do concreto no estado fresco e endurecido, além de resultar em misturas mais econômicas. A nanossílica destaca-se como um dos nanomateriais aplicados em materiais cimentícios, tendo comportamento específico devido aos efeitos que prevalecem quando as partículas assumem um tamanho muito reduzido. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar o índice de desempenho de misturas ternárias, contendo cimento Portland, sílica de casca de arroz e nanossílica coloidal. Foram produzidas argamassas de acordo com o método descrito na NBR 5752 - Materiais pozolânicos-Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias (ABNT, 2014), sendo uma mistura referência, contendo Cimento CP11-F32, areia normal brasileira e água, e misturas contendo Cimento CP11-F32 e sílica de casca de arroz, utilizada individualmente e em conjunto com a nanossílica coloidal, em diferentes teores. A sílica de casca de arroz e a nanossílica coloidal foram adicionadas em substituição parcial ao cimento Portland e o índice de desempenho foi determinado em função da resistência à compressão das argamassas. A sílica de casca de arroz, utilizada individualmente e em conjunto com a nanossílica coloidal, exerceu influências relevantes na resistência à compressão das argamassas, demonstrando grande potencialidade para a aplicação destes materiais em concretos, de forma geral.

Palavras-chave: Nanossílica, pozolana, cimento Portland, sílica de casca de arroz.

Introdução

De acordo com Mehta e Monteiro (2008), em meados da década de 60, algumas adições minerais passaram a ser utilizadas com o objetivo de se obter concretos de alto desempenho. Esta aplicação, além do bom resultado relacionado à durabilidade, também proporcionou às estruturas elevados valores de resistência, fazendo com que se começasse a utilizar estes materiais com o intuito de se obter concretos de alta resistência.

O excelente resultado na atividade pozolânica de alguns desses materiais fez com que fossem denominados adições minerais altamente reativas. Atualmente, como principais pozolanas altamente reativas em uso no concreto e em materiais cimentícios, tem-se a sílica ativa, o metacaulim e a cinza da casca de arroz com queima controlada. O material para ser classificado como pozolana de alta



reatividade deve, segundo Malhotra e Mehta (2008), combinar dois fatores: uma estrutura amorfa e uma grande área superficial.

A cinza da casca de arroz (CCA) constitui-se em um dos resíduos agro-industriais de grande produção no mundo. Seu aproveitamento como material pozolânico na construção civil é de extrema importância, tanto economia quanto ecologicamente, pois impede seu descarte em forma de aterro, que seria um fator gerador de problemas ambientais de poluição do solo, do ar e de rios e córregos. O elevado teor de sílica amorfa presente na cinza da casca de arroz, quando queimada com controle de temperatura proporciona a este resíduo uma elevada reatividade podendo ser utilizada como pozolana adicionada a concretos e argamassas.

A NBR 5752 – Determinação do Índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias (ABNT, 2014) é a mais recente norma que prescreve o método para a determinação do Índice de Desempenho dos Materiais Pozolânicos com Cimento Portland. Contudo, este plano de trabalho propõe estudar o efeito da cinza da casca de arroz na resistência à compressão do concreto por meio da aplicação do método do Índice de desempenho.

Material e Métodos

O programa experimental aqui proposto será dividido em três etapas: caracterização dos materiais; moldagem e cura das argamassas com cinza da casca de arroz; determinação do Índice de desempenho.

Serão realizadas os seguinte ensaios de caracterização do cimento CII F-32:

- Análise química (Fluorescência de raios – X);
- Resíduo na # 75 µm;
- Tempo de início e fim de pega;
- Resistência à compressão aos 1, 7 e 28 dias.

Serão realizados os seguintes ensaios de caracterização para a cinza de casca de arroz:

- Análise química (Fluorescência de raios – X);
- Difração de raios X;

- Granulometria a laser;
- Microscopia Eletrônica.

Serão confeccionadas argamassas (referência e com cinza de casca de arroz), de acordo com o método para determinação de Índice de Desempenho de adições pozolânicas com o cimento Portland. O método determina a quantidade de materiais suficiente para efetuar a moldagem de 6 corpos-de-prova de argamassa com relação água/cimento de 0,48, que devem ser rompidos aos 7 ou 28 dias para determinação do Índice de Desempenho.

A Tabela 1 mostra a composição das argamassas a serem confeccionadas neste plano de trabalho.

Tabela 1: Composição das argamassas

N	ARGAMASSA	CIMENTO CPII F-32	AREA	ÁGUA	CCA
1	REFERÊNCIA	624	1872	300	-----
2	CCA 5%	592,8	1872	300	31,2
3	CCA 10%	561	1872	300	62,4
4	CCA 15%	530,4	1872	300	93,6

Após a confecção das misturas os corpos-de-prova foram moldadas em fôrmas cilíndricas com dimensões 10 x 5cm e mantidas em câmara úmida durante 24 horas. Após este período os corpos-de-prova foram desmoldados e submetidos à cura submersos em água saturada de cal até a data do rompimento.

A figura 1 mostra um conjunto de corpos de prova após a moldagem.



Figura 1: Corpos de prova após moldagem

Para cada traço de argamassa produzida nesta pesquisa foram realizadas 2 argamassadas, sendo que, para cada argamassada foram moldados 6 corpos-de-prova, totalizando 12 corpos-de-prova para cada traço. Dos 12 corpos-de-prova

produzidos serão rompidos 4 em cada idade (1, 7 e 28 dias), nesta forma, o Índice de Desempenho foi determinado aos 1, 7 e 28 dias.

Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta algumas os resultados de caracterização do Cimento Portland – CII F-32.

Tabela 2: Resultado de caracterização do Cimento Portland

Cimento Portland	Tempo de pega		Blaine	#200	Resistência à compressão		
	Início	Fim			1 dia	7 dias	28 dias
	h:min	h:min			MPa	MPa	MPa
CII F-32	03:12	03:58	3.172	2,69	15,73	28,48	36,05

De acordo com ao dados da Tabela 2, o cimento utilizado nesta pesquisa atente aos requisitos estabelecidos na norma NBR-5733.

A Tabela 3 mostra o resultado da Granulometria a Lazer referente a cinza da casca de arroz.

Tabela 3: Granulometria a Lazer

	D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)	Diâmetro médio (μm)
Cinza de casca de arroz	3,01	32,26	63,35	35,7

Os resultados nos mostram que as partículas da cinza da casca de arroz possuem um diâmetro médio de 35,7 μm , ressalta-se que a finura é dos parâmetros que influenciam na sua reatividade.

A figura 2 mostra a Composição Granulométrica, obtida por granulometria a laser, da CCA utilizada nesta pesquisa.

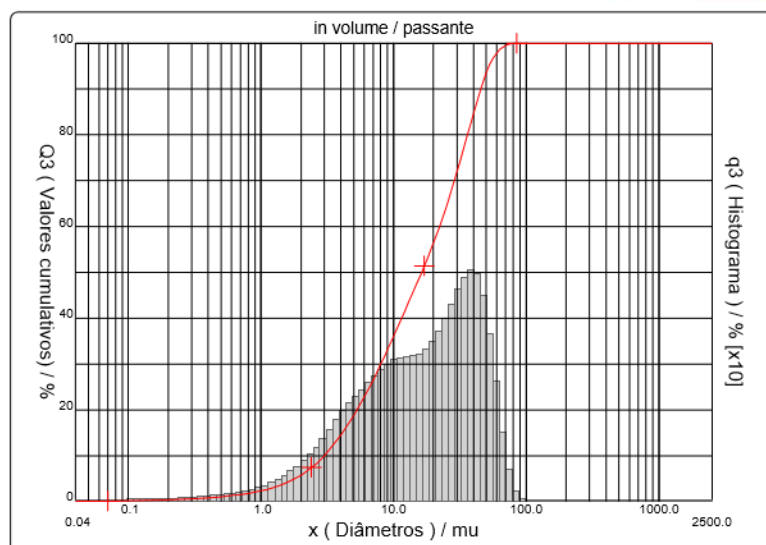


Figura 2: Granulometria a Laser

Na Tabela 4 observamos a composição química da Cinza da casca e arroz e Cimento Portland, utilizados nesta pesquisa.

Tabela 4: Composição Química da CCA e Cimento Portland

Componentes químicos		CCA	Cimento CPII-F32
Perda ao fogo		3,13	5,03
Resíduo insolúvel		-----	1,55
trióxido de enxofre (SO_3)		-----	2,7
Óxido de magnésio (MgO)		1,07	1,52
Dióxido de silício (SiO_2)		93,11	19,66
Óxido de ferro (Fe_2O_3)		0,05	2,91
Óxido de alumínio (Al_2O_3)		-----	4,44
Óxido de cálcio (CaO)		0,46	64,35
Óxido de cálcio livre (CaO)		-----	0,79
Álcalis totais	Óxido de sódio (Na_2O)	1,81	0,08
	Óxido de potássio (K_2O)	-----	0,59
	Equiv. Alcalino	1,81	0,47
Álcalis solúveis em água	Óxido de sódio (Na_2O)	0,19	0,03
	Óxido de potássio (K_2O)	-----	0,3
	Equiv. Alcalino	0,19	0,23
Sulfato de cálcio (CaSO_4)		-----	4,59
Umidade		-----	-----
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$		93,16	27,01

Através dos resultados encontrados na tabela 4, podemos perceber que a Cinza da casca de arroz possui um percentual bem elevado de Sílica de 93,11. O teor de Dióxido de Silício (SiO_2), é um dos fatores que influenciam na reatividade das pozolanas.

A Figura 3 mostra os resultados da Difração de Raios X na CCA.

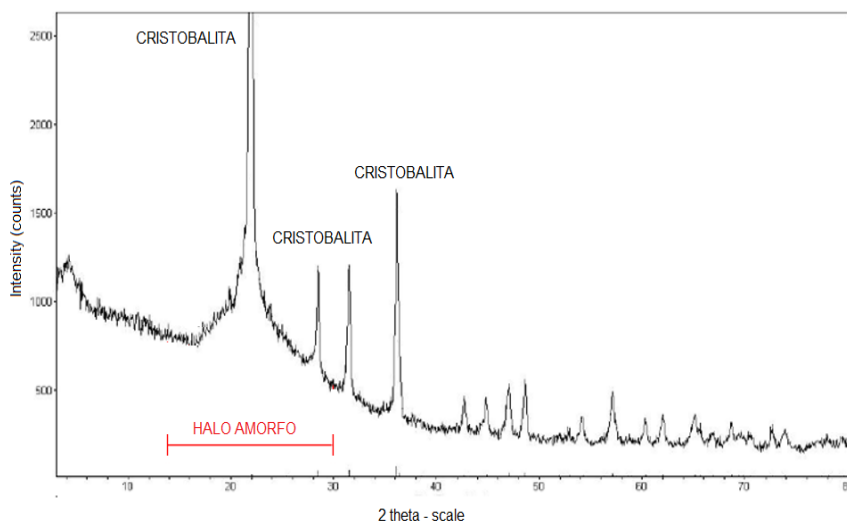


Figura 3: Resultados de Difração de Raios x da CCA

Podemos observar vários picos no Difratoograma, indicando uma grande presença de estruturas cristalinas. Porém podemos ver um Halo amorfo entre 15 e 30°, mostrando a presença de material amorfo.

A Figura 4 mostra imagens geradas pela Microscopia Eletrônica de Varredura da Cinza da casca de arroz:

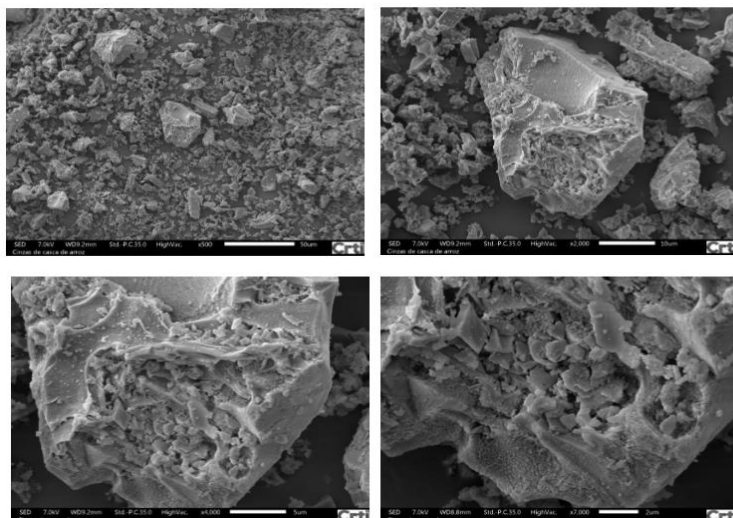


Figura 4: Micrografias MEV-CCA

Ao observar a figura 4, identificamos que a CCA possui muitas cavidades na sua morfologia. Isto resulta em maior área superficial, e influenciando diretamente na sua reatividade.

Observando a Tabela 5, podemos identificar o Índice de Desempenho referente aos 1, 7 e 28 dias, para as quantidades de 5, 10 e 15% de CCA.

Tabela 5: Resistencia a Compressão e Índice de Desempenho aos 1, 7 e 28 dias.

N	ARG.	1 dia		7 dias		28 dias		Aditivo SP
		R. Média (MPa)	Índice de Desempenho	R. Média (MPa)	Índice de Desempenho	R. Média (MPa)	Índice de Desempenho	
1	REFERÊNCIA	15,73	100	28,48	100	36,05	100	-----
2	CCA5	13,1	83,28	30,23	106,14	37,4	103,74	0,10
3	CCA10	14,98	95,23	31,64	111,1	38,1	105,69	0,15
4	CCA15	11,63	73,94	29,67	104,18	37,7	104,58	0,20

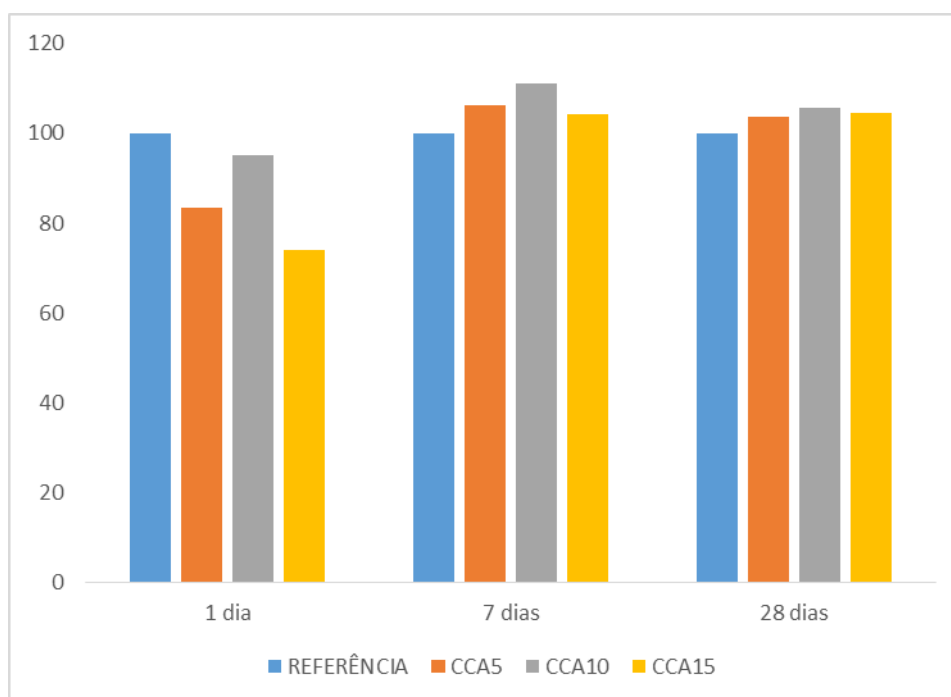


Figura 5: Índice de Desempenho aos 1, 7 e 28 dias.

A partir dos resultados encontrados na Figura 5, percebemos que ao primeiro dia o teor de 5, 10 e 15%, por estarem no início do processo químico, elas não



ultrapassam a argamassa de referência, mas podemos perceber uma crescente considerável da resistência ao 7 e 28 dias, porém entre elas a que apresentou o melhor Índice de Desempenho da argamassa em termo de resistência esta aos 7 dias com dosagem de 10% de CCA, onde apresentou assim melhor desempenho nos testes realizados.

Considerações Finais

Este artigo tem como objetivo avaliar o índice de desempenho de misturas ternárias contendo cimento Portland, com foco principal na Cinza da casca de arroz, um material pozzolânico de nanopartículas com grande capacidade reativa nas argamassas, se mostrando ser de grande potencial para elevação de resistência a compressão. Com o intuito à aplicação destes materiais em misturas cimentícias. Os resultados da pesquisa nos mostram que o teor de 10% da Cinza da Casca de Arroz, aumento consideravelmente no Índice de Desempenho aos 7 e 28 dias em relação a argamassa de referência, mas contudo, o teor de 10% aos 7 dias foi o que apresentou maior índice de desempenho, onde por consequência atingiu a maior resistência se comparado aos 28 dias.

Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Estadual de Goiás, por disponibilizar as dependências dos laboratórios e de matérias para realizações dos ensaios, ao Programa Voluntário de Iniciação Tecnológica da UEG, ao Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás, ao Coordenador do Projeto: Professor Daniel da Silva Andrade, pela oportunidade de participar do projeto e do conhecimento adquirido.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova Cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1980.

_____. NBR 12653: **Materiais Pozolânicos – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR 5752: **Materiais Pozolânicos – Determinação de Índice de Desempenho com Cimento Portland aos 28 dias**. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 5752: **Materiais pozolânicos — Determinação de atividade pozolânica com cimento Portland — Índice de atividade pozolânica com cimento — Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1992

CERVANTES, M. J. P. et al. **Performance of Chlorides Penetration and Corrosion Resistance of Mortars with Replacements of Rice Husk Ash and Nano-SiO₂**. International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE, 2015.

Dantas, M. H. O. **Avaliação dos efeitos da adição nanossílicas em pó e coloidal em pastas de cimento Portland**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Engenharia civil e ambiental, 2013.

MORAES, M. Q. **Contribuição aos estudos da influência da nanossílica nas propriedades mecânicas e na trabalhabilidade de concretos para produção em centrais e para fabricação de pré-moldados**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás. Goiânia – GO, 2012.

GLEIZE, P. J. P. **Nanotecnologia e materiais de construção**. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1.ed. São Paulo: Ibracon, 2007.

GLERIZE, P. J. P. **Nanotecnologia e materiais de construção**. In: ISAIA, G. C. (ED.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1. ed. São Paulo: Ibracon, 2007.

QUERCIA, G.; BROUWERS, H. J. H. **Application of nano-silica (nS) in concrete mixtures**. In: FIB INTERNATIONAL PHD SYMPOSIUM IN CIVIL ENGINEERING,



8th, 2010, Kongens Lyngby. Proceedings. Lausanne: The International Federation for Structural Concrete, 2010.

QUERCIA, G.; SPIESZ, P.; HÜSKEN, G.; BROUWERS, J. **effects of amorphous nano-silica additions on mechanical and durability performance of scc mixtures**. International Congress And Durability of Concrete (ICDC), 2012.

SANCHEZ, F.; SOBOLEV, K. **Nanotechnology in concrete** – A review. Elsevier, Construction and Building Materials, 2010.

SENFF, L. **efeito da adição de micro e nanossílica no comportamento reológico e propriedades no estado endurecido de argamassas e pastas de cimento**. Tese de Doutorado. UFSC, Florianópolis- SC, 2009.

SOBOLEV, K.; FLORES, I.; HERMOSILLO, R.; TORRES-MARTÍNEZ, L. M. **Nanomaterials and nanotechnology for high-performance cement composites**. In: ACI SESSION ON NANOTECHNOLOGY OF CONCRETE: RECENT DEVELOPMENTS AND FUTURE PERSPECTIVES, 2006.

Snachez, F., SOBOLEV, K. **Nanotechnology in concrete** – A review. Elsevier, Construction and Building Materials, 2010.