

ESTUDO DO EFEITO POZOLÂNICO DA CINZA VOLANTE NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS MISTAS: CAL HIDRATADA, REJEITO DE CONSTRUÇÃO CIVIL E CIMENTO PORTLAND

K.C. FERREIRA¹, D.N.P. CARDOSO¹, S.G. e GONÇALVES¹, J. A. da S. SOUZA²,
A.M.P.F. FELIPE²

¹Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

²Universidade federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química

E-mail para contato: keyllafercastro@yahoo.com.br

RESUMO – As argamassas podem ser consideradas como a mistura de aglomerantes e agregados com água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência. Como alternativa, é proposto o emprego do resíduo de construção civil (RCC), rico em silicoaluminatos, gerado nas obras de demolições e reformas, como agregado miúdo, o uso da cal hidratada e da cinza volante (CV), como material pozolânico, em substituição parcial ao cimento Portland. Foram determinadas as características físico-químicas do RCC e da cinza volante por fluorescência de raios-X. Formularam-se quatro composições de argamassas, em diferentes proporções de RCC, cal hidratada, cinza volante e cimento Portland CP II Z 32. Após a cura de 28 dias os corpos de prova foram submetidos a ensaios de absorção, porosidade, massa específica aparente e de resistência à compressão. Os resultados mostraram que a utilização da cinza volante em substituição parcial ao cimento no traço 3 (nas proporções 5:1:0,6:0,4 de RCC/Cal/CV/CP II) apresentou atividade pozolânica satisfatória.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é considerada uma das principais atividades geradoras de emprego, renda e desenvolvimento social. No entanto, é responsável por uma série de impactos ambientais, desde o alto consumo de recursos naturais e a modificação da paisagem, até a geração de resíduos (PINTO, 2005). Com o desenvolvimento da consciência do setor da construção civil com relação aos problemas ambientais, há uma grande procura em desenvolver materiais e processos construtivos menos onerosos ao homem e ao meio ambiente (ROCHA e JHON, 2003).

Usualmente, as formas de aproveitamento desses resíduos baseiam-se em aspectos qualitativos – textura, forma, granulometria, cor, capacidade de aglutinação – sem embasamento com relação às características que avaliem o comportamento do material à longo prazo. Com o intuito de avaliar o potencial real de aproveitamento do resíduo, é necessário identificar parâmetros não só estruturais, mas ainda geométricos e ambientais dos resíduos (ROCHA e JHON, 2003).

A forma mais simples de aproveitamento é na forma de agregados, gerando uma economia de 80% em relação aos agregados convencionais. Ao atingir uma granulometria semelhante à da areia, com a utilização de moinhos na própria obra, o resíduo pode ser utilizado como agregado para a argamassa de assentamento e revestimento, eliminando compras de material e custos de transporte, reduzindo o consumo de cimento e cal, e, ainda, aumentando a resistência à compressão da argamassa (MATOS, 2009).

Cinzas volantes são subprodutos resultantes da combustão do carvão mineral em caldeiras. Para as empresas geradoras, este resíduo torna-se um problema em relação ao descarte final. Desta forma se faz necessário estudar aplicações tecnológicas para essas cinzas. A reutilização de cinzas na formulação de argamassas e concretos é uma alternativa interessante, visto que este material possui atividade pozzolânica. Pozzolanas são materiais silicosos ou silicoaluminosos que, por si sós, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que quando finamente divididos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes (ABNT NBR 12653).

A cal hidratada é um pó seco obtido pela hidratação adequada da cal virgem, constituída essencialmente de hidróxido de cálcio ou de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésios, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio (ABNT NBR 7175).

Nesse contexto surge como alternativa de reciclagem de resíduos a reutilização dos rejeitos de construção civil e de rejeitos provenientes de caldeiras de leitos fluidizados: cinza volante em mistura com a cal hidratada e cimento Portland para produção de argamassas mistas utilizadas em obras da construção civil.

2. MATERIAS E MÉTODOS

Foram utilizados neste trabalho como agregado miúdo Resíduos de Construção Civil (RCC); e aglomerantes: Cinzas Volantes (CV), Cal Hidratada e Cimento Portland.

Os RCC provenientes de reformas foram coletados na UFPA. O resíduo coletado passou por processos de operações unitárias de cominuição e classificação de acordo com a norma da ABNT NBR 7217 e depois caracterizados pela análise de espectrometria de fluorescência de raios -X. A cinza volante utilizada foi proveniente da refinaria de alumina Hydro, localizada no município de Barcarena-Pa. A sua produção ocorre em caldeiras de leito fluidizado circulante a partir da combustão do carvão mineral, para caracterizar a cinza foi realizada análise de espectrofotometria de raios-X. A Cal utilizada foi definida de acordo com a ABNT

NBR 9289. O cimento Portland utilizado foi classificado como tipo CP II – E 32, conforme a norma ABNT NBR11578/1991.

Para a confecção dos corpos de prova utilizou-se fôrmas cilíndricas de policloreto de vinila (PVC) com dimensões de 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro. As proporções utilizadas para a produção dos corpos de prova estão descritas na **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Foram produzidas quatro amostras (quintuplicata) de cada traço, sendo produzida uma argamassa de referência (sem adição de cinza) para comparação com argamassas adicionadas de cinzas de carvão mineral em substituição ao cimento. Os traços foram submetidos ao tempo de cura que foi de 28 dias para posteriormente as amostras serem ensaiadas.

Tabela 1 – Composição dos corpos de prova

Traços	RCC	Cal	Cimento	CV
1	5	1	1	0
2	5	1	0,6	0,4
3	5	1	0,4	0,6
4	5	1	0,2	0,8

Após o tempo de cura dos corpos de prova de argamassa, foram executados os ensaios de porosidade e absorção segundo a ABNT NBR 9778, massa específica segundo ABNT NBR 13280 (Figura 1) e resistência à compressão segundo ABNT NBR 7215 (Figura 2), para avaliar as propriedades cerâmicas e verificar como se comportavam com diferentes teores de cinza volante.



Figura 1 – Etapas dos ensaios físicos.



Figura 2 – Resistência à compressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Caracterização dos resíduos

Resíduo da construção civil: A Tabela 2 mostra que o resíduo de construção civil é composto, em sua maioria, por óxidos de silício (93,41%), e em sua minoria óxidos de alumínio (0,59%), ferro (0,32%) e potássio (0,19%) o que caracteriza um agregado miúdo para produção de argamassa. O alto teor de óxido de silício (SiO_2) encontrado deve estar associado, principalmente, aos agregados naturais do concreto e da argamassa de paredes presentes no RCC.

Tabela 2 – Fluorescência de raios-X do RCC.

COMPONENTE	CONCENTRAÇÃO (%)
SiO_2	93,41
Al_2O_3	0,59
Fe_2O_3	0,32
K_2O	0,19
Perda ao fogo	5,49

Cinza volante: Na Tabela são apresentados a composição química da cinza do carvão mineral, obtidas a partir da análise de espectrofotometria de raios-X. A análise de fluorescência de raios -X mostrou que a cinza volante contém em sua composição química vários óxidos, sendo em maiores proporções os óxidos de alumínio (16,39%), sílica (42,53%) e cálcio (19,01), o que caracteriza a cinza volante como pozolana.

Tabela 3 – Composição química da CV.

ELEMENTOS	TEOR (%)
Na_2O	0,94
MgO	1,84
Al_2O_3	16,39
SiO_2	42,53
P_2O_5	0,19
S	-

K ₂ O	1,61
CaO	19,01
TiO ₂	0,89
MnO	0,07
Fe ₂ O ₃	7,08
PF*	-
C. Orgânico	-
CO ₂ total	-
Cl (ppm)	0,05
SO ₃	9,20
ZnO	0,01
Rb ₂ O	0,01
SrO	0,04
BaO	0,09

*Perda ao fogo.

3.2. Ensaios físicos e mecânico

Ensaio físico e mecânico: A partir dos resultados dos ensaios físicos e mecânico produziram-se os gráficos de porosidade, absorção, massa específica aparente e resistência à compressão em função do teor de cinzas (Figuras 3).

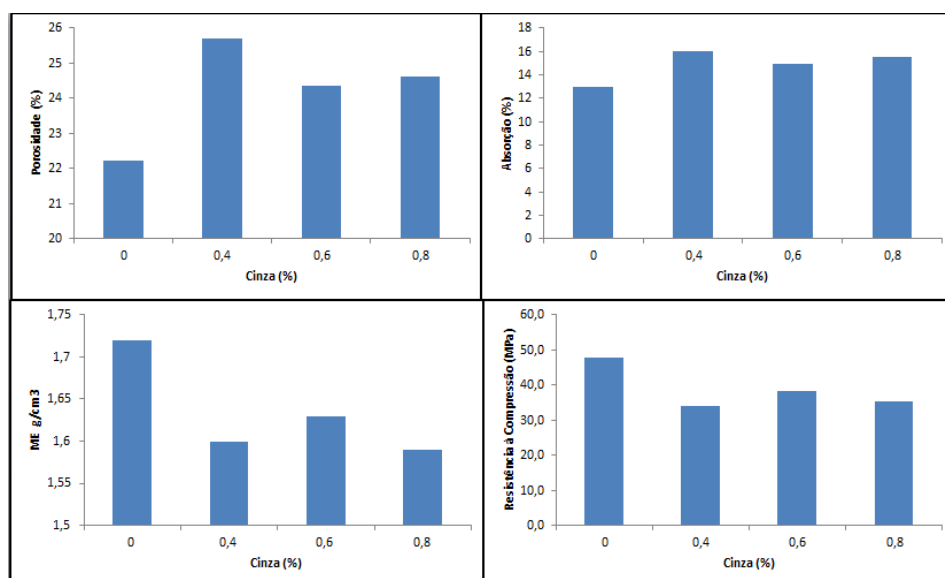


Figura 3 – Porosidade, Absorção, Massa específica e resistência à compressão.

À medida que se aumenta o teor de cinza volante e diminui o teor de cimento ocorre um aumento na porosidade e consequentemente na absorção de água nos traços 2, 3 e 4 quando

comparados ao traço de referência (Traço 1). Isso ocorre devido à redução dos componentes básicos do cimento (silicatos e aluminatos de cálcio), pois a ausência do Ca implica em uma redução das fases cristalinas responsáveis pelo aumento no meio ligante, o que acontece também com as propriedades de resistência mecânica e massa específica (SIQUEIRA, 2012).

Ao comparar os valores dos ensaios físicos e mecânico observou-se que há uma diminuição significativa nos resultados dos ensaios físicos e mecânico do traço 3 quando comparado ao traço 1 (Traço de referência)

4. CONCLUSÃO

A cinza possui pouco ou nenhum valor comercial, a fabricação de argamassas à base desse material viabiliza a economia de consumo de materiais além de diminuir a estocagem desse resíduo. O traço 3 é uma alternativa viável de redução no consumo da cimento para a produção de argamassas mistas de baixo custos.

5. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 7175: Cal hidratada para argamassas – requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 7217: Determinação de composição granulométrica dos agregados. Rio de Janeiro, 1982.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 9289: Cal hidratada para argamassas – Determinação da finura. Rio de Janeiro, 2000.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 1987.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 11578: Cimento Portland Composto. Rio de Janeiro, 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 12653: Materiais pozolânicos - Especificação, Rio de Janeiro, RJ (1992).

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, 1995.

MATOS, E. L.S. Reaproveitamento de resíduos da construção civil. Trabalho de conclusão em Engenharia Civil. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade de Amazônia – UNAMA. Belém, 2009.

PINTO, T.P. Gestão ambiental de resíduos da construção civil: experiência da SindusCon-SP. São Paulo: Obra limpa, I&T, SindusCon-SP, 2005.

ROCHA, J. C.; JHON, V. M. Utilização de resíduos na construção habitacional. *Coletânea Habitare*, vol. 4. Porto Alegre: ANTAC, 2003.

SIQUEIRA, J.S. de. Reaproveitamento de cinzas de carvão mineral na formulação de argamassas. *Cerâmica* 58 (2012) 275-279.