



XXII CONGRESSO  
BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
23 a 26 de Setembro de 2018  
Hotel Maksoud Plaza  
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO  
SOBRE O ENSINO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
27 a 28 de Setembro de 2018  
USP  
São Paulo – SP

# UTILIZAÇÃO DA CINZA VOLANTE NA FORMULAÇÃO DE ARGAMASSA NÃO CONVENCIONAL

CONCEIÇÃO C.J.<sup>1</sup>, BRITO W.S.<sup>2</sup>, SILVA R.F.G.<sup>1</sup>, SILVA A.L.M.F.<sup>2</sup>, SOUZA J.A.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pará, Departamento de Engenharia Química

<sup>2</sup>Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA) – UFPA

E-mail para contato: c.de.conceicao@bol.com.br

**RESUMO** – *A pesquisa estudou a influência da incorporação de cimento ao comportamento mecânico da argamassa não convencional elaborada com cinza volante resíduo industrial proveniente da queima de carvão mineral em caldeiras das refinarias de alumínio da região norte do Brasil. Foram elaborados 5 traços na proporção (1: 3,1: 8,3), (1: 2,5: 6,5), (1: 1,6: 4), (1: 1,25: 2,75) e (1:1:2) (cimento: cinza: areia) todos com 25% em massa de cinza volante. Utilizou-se cimento Portland CII-E-32 e cinza como aglomerante e areia como agregado miúdo com classificação de acordo com a norma NBR 7211. Os materiais foram submetidos à caracterização física e química através de análise granulométrica e fluorescência de raios-x. Após 7, 14 e 28 dias de cura os corpos de prova foram submetidos a ensaios de resistência a compressão. Todos os traços apresentaram valores de resistência mecânica dentro do exigido pela norma NBR 13281 para utilização como argamassa de revestimento e assentamento de paredes e tetos garantindo o reaproveitamento de resíduo industrial na proporção de 250 kg de resíduo para cada tonelada de argamassa.*

## 1. INTRODUÇÃO

A norma NBR 13279, define argamassa para assentamento e revestimento como sendo uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento.

Uma argamassa de qualidade deve ser elaborada e produzida para obter o melhor desempenho e durabilidade. Deve-se ter como enfoque algumas propriedades, tais como: baixo custo de mercado, no estado endurecido ausência de fissuras, resistência à abrasão e compressão. (SCANDOLARA, 2010).

O aproveitamento de resíduos industriais como matéria-prima destinada à construção civil vem se consolidando como uma alternativa viável do ponto de vista técnico, ambiental e econômico, pois tende a minimizar ou até mesmo eliminar estes resíduos. 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 pozolânica COIMBRA et al ( 2002).



XXII CONGRESSO  
BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
23 a 26 de Setembro de 2018  
Hotel Maksoud Plaza  
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO  
SOBRE O ENSINO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
27 a 28 de Setembro de 2018  
USP  
São Paulo – SP

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Cimento Portland

Foi utilizado cimento tipo Portland CII E32 da marca Poty. A Tabela 1 mostra suas principais propriedades segundo o fabricante.

Tabela 1 – Propriedades do Cimento

Propriedades	Resultados
Resistência à compressão aos 28 dias	$\geq 32$ MPa
Tempo de pega (h)	Início $\geq 1$ Fim $\leq 10$
Finura: resíduo na peneira 75 mm (%)	$\leq 12$

### 2.2. Cinza volante

A cinza volante (CV) utilizada no trabalho foi proveniente de refinaria de alumínio. Devido à mesma possuir um tamanho médio de 93,8 $\mu$ m, não necessitou de um tratamento prévio para o seu uso.

### 2.3. Caracterização da Cinza Volante e Areia

A Cinza Volante e areia foi submetida a fluorescência de raio-X realizada utilizando espectrômetro WDS sequencial, modelo AxiosMinerals, com tubo de raio-X cerâmico e anodo de ródio. Classificação granulométrica do material de forma a se estudar o tamanho das partículas da cinza volante seguiram a metodologia de serie de peneira Tyler. O objetivo dessa etapa foi obter essa matéria-prima nos tamanhos e em quantidades adequadas à formulação das argamassas.

### 2.4. Composição dos Traços de Argamassa

A Tabela 2 apresenta as composições em massa dos cinco traços de argamassa não convencional elaboradas.

Tabela 2 – Composição em massa dos traços 01, 02, 03, 04 e 05 de argamassa

Traços	Cimento (%)	Cinza (%)	Areia (%)
01	8	25	67
02	10	25	65
03	15	25	60
04	20	25	55
05	25	25	50

% em massa

Pela Tabela 2 todos os traços apresentam em sua composição 25% de cinza volante, sendo que se usou um fator 0,75g de água para 1g de argamassa na elaboração de todos os cinco traços. O teor de cimento variou de 8 a 25% em massa.

Após 7, 14 e 28 dias de cura em moldes cilíndricos de 50mm de diâmetro por 100mm de altura, os corpos de prova foram submetidos a ensaios de resistência mecânica a compressão, absorção, porosidade e massa específica aparente para avaliação do desempenho mecânico.

### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Tabela 3 – Análise química da cinza volante e Areia

Elemento	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	MgO	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	PF*
Cinza	42,53	16,39	19,05	7,08	0,94	1,83	0,89	1,61	9,68
Areia	96,73	0,67	0	0,37	0	0	0	0,21	2,02

PF\* Perda ao Fogo

#### 3.1. Análise Granulométrica

Através da classificação granulométrica se pode estimar o d<sub>50</sub> da cinza, areia e cimento usados na pesquisa. A Figura 1 apresenta a curva granulométrica dos materiais.

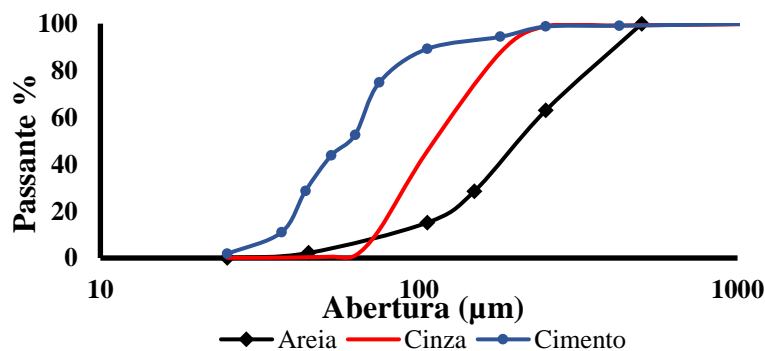


Figura 1 – Análise granulométrica.

Pela Figura 1 a areia possui um d<sub>50</sub> de 212,18 μm, a cinza um d<sub>50</sub> no valor de 91,8 μm e o cimento CIII– E32 da marca Poty possui d<sub>50</sub> de 62,5 μm. Pela classificação granulométrica os traços com maior teor de cimento geram argamassas com maior teor de finos.

#### 3.2. Propriedades Mecânicas

A Figura 2 apresenta a influência do tempo de cura 7, 14 e 28 dias e do teor de cimento sobre a resistência mecânica em MPa da argamassa com incorporação de cinza volante com seus respectivos intervalos de erro obtido através do desvio padrão das médias de resistência a compressão.

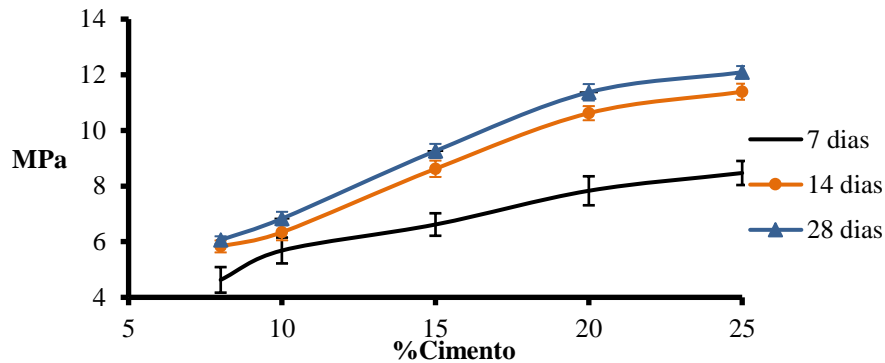


Figura 2 – Resistência à compressão

Pela Figura 2 com 28 dias de cura os traços obtiveram uma faixa de resistência a compressão de 6 a 12 MPa já para 14 dias essa faixa foi de 5,8 a 11 MPa e para 7 dias de 4,5 a 8 MPa. O aumento dos dias de cura repercute no aumento de resistência. Observa-se aumento da resistência com o aumento do teor de cimento. Todos os traços possuem fator água/aglomerante (cinza e cimento) de 1,19. Os traços dessa argamassa com 25 % de cinza volante em sua composição não possui aumento significativo na resistência para teores acima de 20 % de cimento a ponto de justificar a incorporação de mais cimento.

#### 4. CONCLUSÃO

Os traços 1, 2 e 3 apresentaram valores de resistência à compressão dentro da faixa de valores de resistência exigido pela norma NBR 13279 para utilização como argamassa de assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos. Faz necessário complementar os ensaios tecnológicos indicados na norma.

Os traços 4 e 5 apresentaram valores de resistência a compressão superior a faixa de valores de resistência exigido pela norma NBR 7215.

A incorporação de 250kg de resíduo para cada tonelada de argamassa não prejudicou o desempenho mecânico para os traços com composição proposto no presente estudo.

#### 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13279: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - *Determinação da resistência à compressão*. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7215: Cimento Portland: *Determinação da resistência a compressão*. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7211. Agregados – *especificação*. Rio de Janeiro. 2005.

COIMBRA, M. A.; SANTOS, W. N.; MORELLI, M. R. Recovery of inorganic waste for civil construction. *Cerâmica*, v. 48, n. 306, p. 44-48, 2002.

SCANDOLARA, J. P. Propriedades de argamassas obtidas pela substituição parcial de cimento Portland por rejeitos particulados de tijolo. 2010. *Dissertação (Mestrado em Ciencia e Engenharia de Materiais)*-Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2010.