



## ESTUDO da adição de cinza de carvão mineral em formulação cerâmica de monoqueima

André Frasson Ramos

Gilson Bez Fontana Menegali<sup>1</sup>

**Resumo:** Este estudo tem como objetivo minimizar o custo associado ao uso de matérias primas e uma das maneiras é o reaproveitamento dos resíduos que são gerados nas empresas cerâmicas. A cinza gerada na queima em atomizadores é uma delas, e sabendo-se reutilizá-la de forma correta podem ser obtidos resultados positivos. Diversos ensaios foram realizados a fim de se conseguir uma formulação adequada. O percentual alcançado para utilização em formulação de monoqueima foi de 3% de cinza, obtendo-se um produto final de boa qualidade, sem furos, pintas pretas, depressão e outros defeitos. Como a produção de uma empresa cerâmica é muito grande, conseqüentemente a quantidade de cinza também. Desse modo, com essa reutilização, pode-se diminuir o impacto ambiental e também a minimização do uso de matérias primas.

Palavras-chave: cinza, matéria prima, redução de custos.

### 1. Introdução

Um dos grandes problemas atuais é a poluição gerada pelas empresas, pois todas as fábricas indiferentemente do ramo de atuação geram resíduos. Na indústria cerâmica, um dos resíduos que mais interferem no meio ambiente são os rejeitos de

---

<sup>1</sup> Professor orientador

carvão mineral que são gerados na queima em fornalhas para o funcionamento dos atomizadores.

Nestas empresas, as cinzas geradas na queima do carvão são retiradas da fornalha e vão para os boxes, após passarem por um processo de umidificação para diminuir seu volume. Além disso, para o transporte da cinza, a empresa deve estar em conformidade com a lei NBR 13221 que trata de transporte e armazenamento de resíduos. Estas cinzas são destinadas para a produção de cimento e outros derivados.

A cinza é uma sobra de matéria prima de boa qualidade, isso se for utilizada de maneira correta, pois hoje vários produtos já são provenientes do uso adequado das cinzas, como areia utilizada como agregado na produção de vigas e pilares, além de tintas para serigrafia e outros usos na indústria cerâmica. Por exemplo, na empresa CECRISA Revestimentos Cerâmicos são produzidas 1000 t/mês de cinza de carvão mineral, que são encaminhadas para a empresa Novacoski (Rio Grande do Sul) para serem processadas. Nesta empresa a cinza é seca durante sete dias com o objetivo de ser utilizada como agregado miúdo em produtos cimentícios. Para este fim é feita uma formulação onde a cinza compõe quarenta por cento do sistema, ou seja, o máximo permitido pela legislação, sendo ainda acrescentados sete por cento de umidade e trinta por cento de areia para a formação do cimento Portland, onde o restante da adição é de clínquer.

Todo este procedimento de logística gera um custo, pois o transporte do resíduo tem que ser documentado como, por exemplo, pelo Manifesto do Transporte de Resíduo (MTR) e pela nota fiscal. Com a diminuição desta quantidade de cinza transportada e com a reutilização do resíduo na própria empresa, pode-se diminuir o custo de fabricação da empresa, pois, parte da matéria prima pode ser substituída pela cinza na formulação cerâmica. Também há redução nos custos da logística de transporte, e principalmente nos custos ambientais devidos ao armazenamento de resíduos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é o estudo da adição de cinza de carvão mineral em composição de massa de revestimentos cerâmico para monoqueima, visando a redução do custo do processo produtivo e a diminuição da quantidade de rejeitos sendo lançados no meio ambiente.

## **2. Revisão Bibliográfica**

O crescimento industrial cada vez maior é causa de vários fatores de degradação ambiental, como por exemplo, a grande quantidade de resíduos gerados. Atualmente, podem ser encontrados estudos tecnológicos que ajudam a minimizar a quantidade gerada desses resíduos. No Brasil, doze mil empresas, entre cerâmicas e olarias, consomem 15 milhões de toneladas de argila mensalmente, que são chamadas de matérias primas, sendo constituídas de óxidos como  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , e  $\text{FeO}$ . O resíduo que apresenta pequeno tamanho de partícula possui uma característica objetivada pela indústria, isto porque a finura das matérias primas interfere em diversas propriedades como, por exemplo, plasticidade da massa, taxas de sinterização, porosidade final e densidade. Muitas vezes o tamanho de partícula é obtido por meio de operações de moagem, elevando o custo de produção (PUREZA et al., 2007).

Na preparação de matérias primas por moagem podem ser utilizados o processo a seco ou o processo por via úmida (atomização). Este último representa 40% da produção de revestimentos, onde a massa cerâmica é moída a úmido formando o que se chama “barbotina”. A massa cerâmica granulada é produzida por atomização a partir da barbotina, que forma um resíduo bem fino que é arrastado pela chaminé junto com ar quente e fica retido nos sistemas de controle ambiental, evitando-se o lançamento no ar ambiente.

O sistema de geração de calor e o sistema de controle da temperatura podem incorporar outros componentes à cinza utilizada. Tomando-se a produção brasileira, chega-se a uma quantidade muito grande de resíduo, em torno de 110.000 t/ano de cinzas (PUREZA et al., 2007).

Conforme estudo desenvolvido por DAL BÓ et al. (2007) na Empresa Cecrisa Revestimentos Cerâmicos S/A, foram utilizados resíduos da raspa de esmalte na produção de refratários argilosos. Para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa foram utilizados materiais gerados ou utilizados pela própria empresa. De acordo com um estudo preliminar realizado na empresa, foram selecionados resíduos que possuíam as características propícias para a aplicação em um material refratário: cinza do carvão, areia da fornalha, raspa de esmalte, refratário moído e sobras de rolo de alta alumina.

Como pode ser observado, a cinza leve de carvão mineral citada pelo autor é a mesma cinza utilizada no presente projeto, e que também não seria descartada na fabricação de refratários. Analisando-se há outros resíduos que também podem ser utilizados em novos trabalhos com intuito de reduzir o impacto ambiental (DAL BÓ et al., 2007).

No projeto de Mendes et al. (2009) os procedimentos são parecidos, e a mistura é um processo totalmente a seco utilizando-se diversas composições do resíduo (0, 5 e 10%). Após a moagem, o material foi umidificado com 8%. Um diferencial maior foi notado, pois os testes comparativos entre a cinza de carvão mineral e o resíduo de tinta automobilística são bem distintos, por exemplo, enquanto a absorção d'água com o uso de cinza é em média 5%, a da tinta não chega a 1%. Para a resistência mecânica a cinza apresenta 13,5 kgf e a tinta automobilística 8,3 kgf. Apenas na queima os processos coincidem: enquanto a cinza de carvão mineral tem ciclo de 28 min, com temperatura de 1.184 °C para a composição com um acréscimo de 5% de tinta automobilística a uma pressão de 350 kgf a temperatura utilizada foi de em torno dos 1.100°C (MENDES et al., 2009).

### **3. Materiais e Métodos**

Inicialmente foram coletadas amostras de cada matéria prima, argilito, argila AC 71, argila PR 1, argila AC 66, argila OR, argila G3 e outros componentes para conclusão da formulação. Todas as matérias primas estavam separadas por boxes no setor de massa da empresa, onde estas permaneceram por 24 h em estufa de secagem. Após esta etapa, foi feito o destorroamento das MP's por meio de almofarige, para possibilitar o peneiramento e dar início à formulação. A cinza foi coletada da grelha do atomizador, e foi processada como as demais matérias primas, sendo adicionada à massa padrão em percentuais mássicos de 3, 5 e 10%.

A moagem das formulações – padrão e com adição de cinzas – foi realizada em moinho excêntrico, com elementos moedores de alumina, durante 15 min, com adição de 30% de água em massa em cada carga de 500 g. Logo após a correção do resíduo (1% em malha 325 ABNT), a barbotina foi levada para estufa e permaneceu por 24 h. Em seguida, as amostras foram destorroadas e novamente peneiradas e umidificadas com 7,5% de H<sub>2</sub>O. A massa foi homogeneizada por 30

min para prensagem dos corpos de prova (10 cm x 5 cm x 1 cm) em uma prensa hidráulica de laboratório, com pressão de prensagem de 250 kgf/cm<sup>2</sup>.

As amostras de cada formulação (STD, 3, 5, e 10%) foram novamente secas em estufa e queimadas em um forno a rolos de laboratório em um ciclo de 30 min a uma temperatura máxima de 1180°C. Foram queimadas cinco amostras de cada formulação. Após queima, as amostras foram ensaiadas quanto à densidade aparente, retração linear de queima, perda ao fogo, absorção de água e resistência mecânica à flexão.

#### 4. Resultados

A tabela 1 apresenta os resultados para os ensaios de perda ao fogo, densidade aparente após queima, absorção de água, retração de queima e carga de ruptura. A partir dos resultados obtidos, foram construídos gráficos para melhor interpretação dos resultados.

Tabela 1. Perda ao fogo, densidade aparente, absorção de água, retração de queima e carga de ruptura, em função do teor de cinzas.

% cinzas	Perda ao fogo (%)	Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Absorção de água (%)	Retração de queima (%)	Carga de ruptura (kgf)
STD	6,25	1,502	0,15	9,94	424,8
3	3,95	1,516	0,20	9,89	431,5
5	3,52	1,774	0,50	9,47	433,2
10	3,55	1,808	0,99	8,88	-

Fonte: Autor, 2011.

A figura 1 apresenta o gráfico de perda ao fogo em função da adição de cinzas à massa padrão. Pode-se observar que a perda ao fogo diminui com adição de cinzas à massa padrão: Sem adição de cinzas a perda ao fogo é de aproximadamente 6 %, enquanto que com 10 % de adição de cinzas a perda ao fogo é reduzida para 3,5 %. Provavelmente a perda ao fogo está relacionada com a massa padrão, que é formulada com matérias primas naturais, e que apresentam perda ao fogo como os argilominerais. A cinza, por sua vez, já é um produto calcinado, assim não apresenta perda ao fogo.

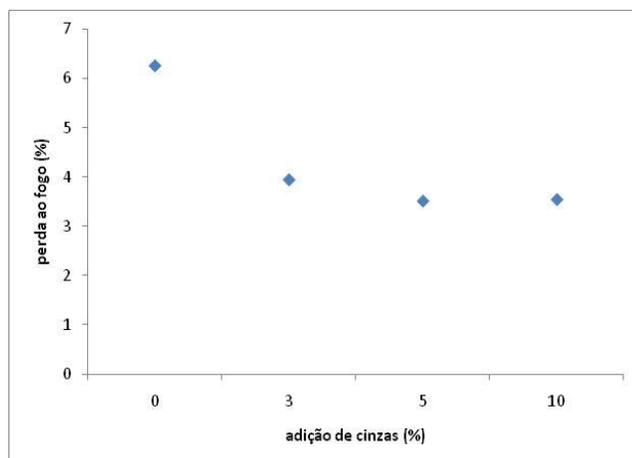


Figura 1: Perda ao fogo em função da adição de cinzas à massa padrão

Fonte: Autor, 2011.

A figura 2 apresenta o gráfico para a densidade aparente em função da adição de cinzas à massa padrão. Pode-se observar que a densidade aparente aumenta com adição de cinzas à massa padrão: sem adição de cinzas a densidade aparente a verde é de 1,5 g/cm<sup>3</sup>; com 10 % de cinza a densidade é de 1,8 g/cm<sup>3</sup>. A densidade aparente a verde aumenta com adição de cinzas provavelmente devido ao melhor empacotamento das partículas da massa em função da diferença entre as distribuições de tamanho da cinza e da massa padrão (não medida). Por exemplo, uma distribuição bi modal tende a melhorar o empacotamento de partículas, aumentando assim a densidade aparente dos compactos.

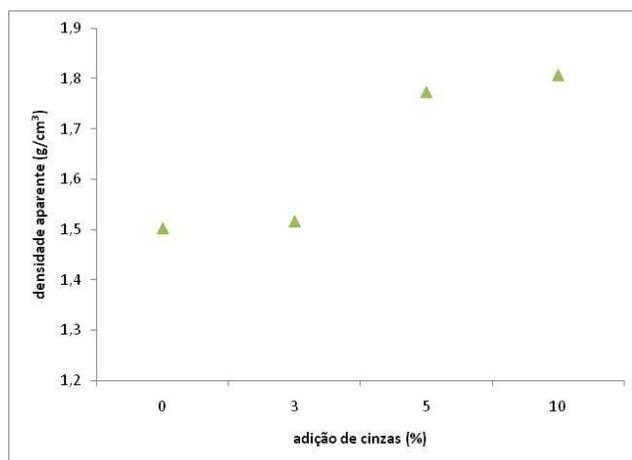


Figura 2: Densidade aparente em função da adição de cinzas à massa padrão

Fonte: Autor, 2011.

A figura 3 apresenta o gráfico para a retração linear após queima em função da adição de cinzas à massa padrão. Pode-se observar que a retração após queima diminui com adição de cinzas. Essa propriedade está relacionada com a densidade aparente e a perda ao fogo. Como a cinza não apresenta perda ao fogo e aumenta a densidade aparente do compacto, ela mantém a estabilidade dimensional do material prensado, reduzindo assim a retração após queima.

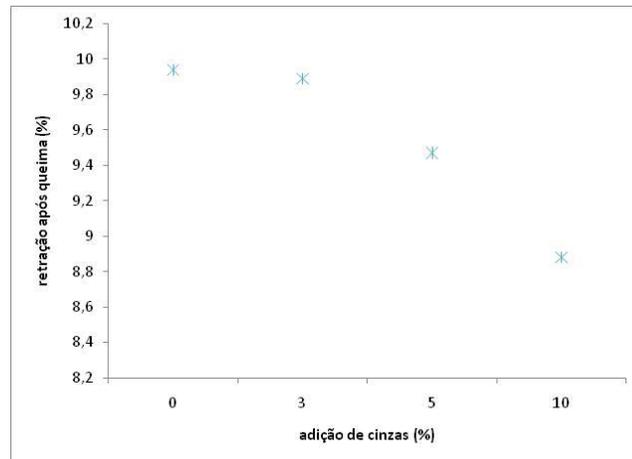


Figura 3: Retração após queima em função da adição de cinzas à massa padrão.

Fonte: Autor, 2011.

A figura 4 apresenta o gráfico para a absorção de água em função da adição de cinzas à massa padrão. Pode-se observar que a absorção de água aumenta com adição de cinzas. Esse fato ocorre devido a que as cinzas são refratárias, compostas basicamente por sílica e alumina, diminuindo assim o grau de sinterização da massa padrão, resultando em maior porosidade, e assim maior absorção de água.

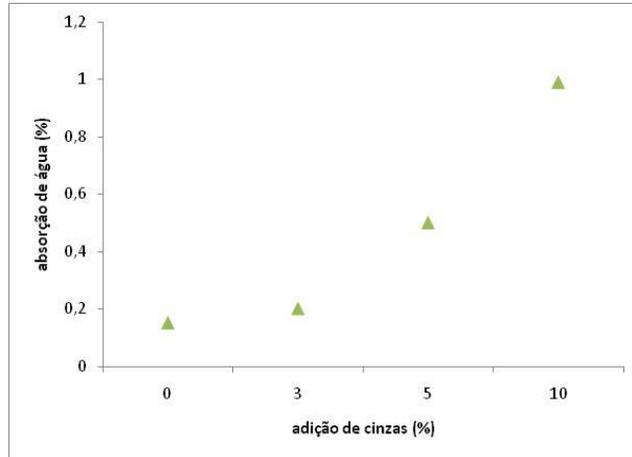


Figura 4: Absorção de água em função da adição de cinzas à massa padrão.

Fonte: Autor, 2011.

Finalmente, a figura 5 apresenta o gráfico para a carga de ruptura em função da adição de cinzas à massa padrão. Pode-se observar que a carga de ruptura mantém-se praticamente constante com adição de cinza – deve ser observado que para 10% de adição de cinzas sofreram rupturas no forno, impossibilitando a determinação da carga de ruptura. Desta forma, a cinza não está afetando a resistência mecânica da massa padrão, até a adição de 5 % de cinza. Para adição maior ocorre formação de trincas nas peças. Sendo assim, até 5% de adição a cinza comporta-se como uma carga, ou seja, como chamote, não afetando as características mecânicas da peça.

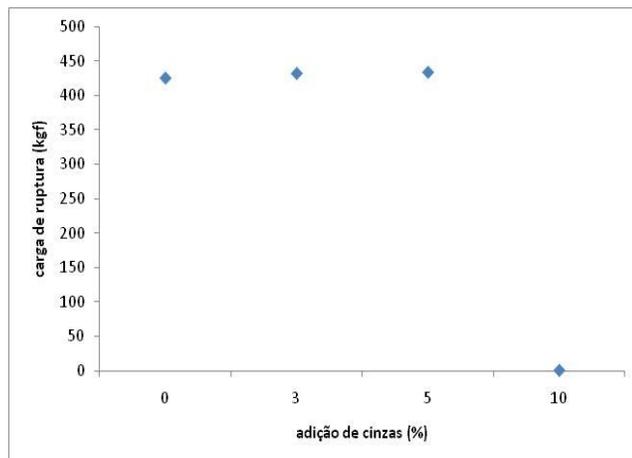


Figura 5: Carga de ruptura em função da adição de cinzas à massa padrão.

Fonte: Autor, 2011.



Figura 6: Cinza de carvão mineral.  
Fonte: Autor, 2011.

A cinza é classificada como resíduo Classe II-A não inerte, de acordo com a NBR 10.004, se fosse classificada como perigosa, não seria reaproveitada por indústrias cimenteiras.

## 5. Conclusão

O objetivo do trabalho foi alcançado, pois os resultados finais foram positivos. O produto final resultou com boa qualidade em todos os testes sem perder as características do material atual, além de se garantir uma diminuição das cinzas de carvão mineral estocadas na empresa, pois o foco principal é o meio ambiente, pois a cinza normalmente permanece estocada no pátio da empresa, e além de ocupar um grande espaço, com a absorção da água da chuva há formação de um odor muito forte causando desconforto a todos que habitam ao redor de cerâmicas.

Outro fator relevante é a razão entre custo e benefício para a empresa, pois a quantidade de cinza que é produzida em uma cerâmica de grande porte é imensa, e com a conclusão do trabalho pode-se agregar valor à cinza como um componente da formulação, com a redução de outras matérias primas e conseqüentemente reduzindo o impacto ambiental.

Um estudo bem interessante para se fazer seria a redução da quebra de escolha, pois durante a produção cerâmica nos três turnos são recolhidos em média cinquenta latões de quebra, onde cada latão suporta 27 m<sup>3</sup>, correspondendo a 1350

m<sup>2</sup> de quebra. Uma pequena parte é moída para acréscimo em formulação, porém a maior parte fica ocupando um grande espaço na empresa onde poderia ser local de estocagem de produto.

## **6. Referências Bibliográficas**

CASAGRANDE Marcos C. et al. Reaproveitamento de Resíduos Sólidos Industriais: Processamento e Aplicações no Setor Cerâmico. **Revista Cerâmica Industrial**, v. 13, n.1/2, p 34- 42, 2008

DAL BÓ, Marcelo et al. Utilização de Resíduos da Indústria de Revestimentos Cerâmicos na Fabricação de Refratários Triaxiais. **Revista Cerâmica Industrial**, v.12, n.1/2, p 42-46, 2007.

MENDES, Tiago C. et al. Uso de Resíduo de Tinta Automobilística para a Fabricação de Cerâmica Vermelha. **Revista Cerâmica Industrial**, v.14, n.5/6, p 39-42, 2009.

PUREZA, Júlio C. et al. Utilização de Resíduos de Baixa Granulometria como Matéria prima na Produção de Cerâmica Vermelha: Considerações quanto aos Mecanismos de Sinterização. **Revista Cerâmica Industrial**, v.12, n.3, p 27-32, 2007.