

## **Estudo e Produção de Peças Cerâmicas de Alumina Via Colagem de Barbotina**

### **(Study and Production of Ceramic Parts by Slip Casting Alumina)**

M. S. Fernandes<sup>1</sup>; D. S. Lima<sup>1</sup>; T. G. Machado<sup>1</sup>; B. S. Campos<sup>1</sup>; R. B. de Assis<sup>2</sup>;

<sup>1</sup>Instituto Federal da Bahia – IFBA/Campus Jacobina  
Avenida Centenário, 500. Nazaré. Jacobina-BA. CEP: 44700-000.

<sup>2</sup>Instituto Federal da Bahia – IFBA/Campus Santo Amaro  
Travessa São José, s/nº, Bomfim, Santo Amaro/BA | CEP: 44.200-000  
e-mail: mirandanones@gmail.com

#### **Resumo**

*A proposta deste trabalho é realizar o estudo e a produção de peças cerâmicas de alumina via colagem de barbotina. Neste sentido foi desenvolvida formulação para a barbotina de alumina e realizado a confecção de moldes de gesso de almofariz. Na etapa seguinte foram preparadas peças, num total de 10 (dez), e após a desmoldagem foram colocadas para secar numa estufa por 24 horas numa temperatura de 57°C. Em seguida foi dado o acabamento utilizando-se de lixas (nº 100 e 150), sendo encaminhadas para a etapa de pré-sinterização num forno tipo mufla, numa temperatura de 1200°C, durante 60 minutos, com taxa de aquecimento de 10°C/min. Posteriormente foram sinterizadas numa temperatura de 1600°C, durante 120 minutos. Foi realizada análise de absorção de água, porosidade aparente e dureza. Percebemos que é possível produzir peças cerâmicas de alumina, os quais podem ser utilizadas nos laboratórios de nossa instituição de ensino (cadinhos e almofariz).*

*Palavras chave:* Colagem de barbotina, Alumina, Peças cerâmica

#### **Abstract**

*The purpose of this work is to study and produce alumina ceramics using slip casting. In this sense, a formulation was developed for the alumina slip and the preparation of molds made of mortar. In the next step parts were prepared, totaling 10 (ten), and after demolding were placed to dry in an oven for 24 hours at a temperature of 57° C. Subsequently, the finishing was done using sandpaper (no. 100 and 150) and sent to the pre-sintering stage in a muffle furnace at a temperature of 1200°C for 60 minutes at a heating rate of 10°C / min. Afterwards they were sintered at a temperature of 1600°C for 120 minutes. Analysis of water absorption, apparent porosity and hardness were performed. We realize that it is possible to produce ceramic pieces of alumina, which can be used in the laboratories of our educational institution (crucibles and pillow).*

*Keywords:* Slip casting, Alumina, Ceramic parts

## INTRODUÇÃO

A colagem de barbotina é um processo antigo, originado entre os anos de 1700 a 1740; sendo utilizada na indústria cerâmica, tanto para a produção de peças tradicionais como para o desenvolvimento da cerâmica avançada devido à sua relativa simplicidade e baixo custo de investimento [1]. É normalmente descrito como a consolidação de partículas cerâmicas de uma suspensão coloidal, através da remoção da parte líquida, por um molde absorvente [2].

Após a barbotina ser vazada no molde os poros do gesso absorve o solvente por capilaridade. Isso faz com que as partículas da suspensão comecem a se aglomerar nas paredes da cavidade do molde, fazendo com que se forme uma casca. Essa casca tem uma espessura que pode ser medida com um paquímetro no caso de peças ocas (cadinhos de laboratório) ou podem ser feitas peças maciças apenas preenchendo a cavidade até a sua saturação (discos e tarugos). Depois de seca, a peça é retirada do molde e levada para a primeira queima (pré-sinterização), onde os componentes voláteis saem e há certa densificação e retração da peça apenas para que ela adquira certa resistência mecânica para que possa ser dado o acabamento final a fim de ajustar as suas dimensões. Posteriormente, após o acabamento a peça é levada para uma segunda queima (sinterização) onde ela retrai e adquire a sua densidade e dimensões finais.

As vantagens deste método consistem na obtenção de formas relativamente complexas, com paredes finas e uniformes, economia em pequenas produções e moldes mais baratos. Apesar de essa técnica ser antiga, faz-se necessário o desenvolvimento de uma formulação (pó cerâmico, um solvente, plastificante, dispersante e antiespumante) adequada, de acordo com as características de cada pó cerâmico utilizado. Cada um desses componentes tem uma quantidade exata para que a barbotina tenha as propriedades reológicas certas para a colagem ocorrer de forma adequada e para que, posteriormente, a peça seja retirada do molde com resistência mecânica suficiente para que possa ser manuseada sem problemas [3].

O tamanho das partículas das matérias primas utilizadas exerce uma influência determinante nas propriedades e comportamento dos materiais ao longo do processo de fabricação, como por exemplo: no comportamento reológico da barbotina, na conformação, na queima e nas características finais do produto [4]. Por sua vez, a alumina ( $Al_2O_3$ ) é considerada uma cerâmica avançada e vem sendo a mais utilizada nesse setor por oferecer bom desempenho em termos de resistência de uso, à corrosão e elevada dureza; além de uma excelente relação custo/benefício, oferecendo uma boa combinação de propriedades mecânicas e elétricas.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é realizar o estudo e a produção de peças cerâmicas utilizando pós de alumina submicrométrica comercial via colagem de barbotina. A partir de pós muito finos podemos obter peças cerâmicas com porosidade menor e, conseqüentemente, maior densidade e melhores propriedades mecânicas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

As seguintes etapas compõem a Metodologia adotada no desenvolvimento deste trabalho:

- . Matérias primas: Caracterização via FRX, DRX e Análise Térmica dos pós cerâmicos (aluminas) já previamente obtidos das indústrias locais e aquisição dos demais componentes;
- . Formulação da Barbotina;
- . Preparação dos Moldes de Gesso;
- . Preparação das amostras preliminares (corpos de prova);
- . Pré-sinterização e Sinterização dos corpos de prova (1200°C e 1600°C, respectivamente);
- . Caracterização Física dos corpos de prova: Absorção de Água, Porosidade Aparente;

### Matérias Primas

#### . Alumina

Neste trabalho foi utilizada a alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) comercial (A-16SG) da empresa Alcoa S.A., apresentando as seguintes características: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (99,82%), N<sub>2</sub>O (0,07%), SiO<sub>2</sub> (0,03%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,02%), CaO (0,02%) e MgO (0,05%). Apresenta área superficial de 8,8 m<sup>2</sup>/g, porcentagem passante pela peneira de 325 mesh de 99,9%, densidade a verde de (5000 psi) igual a 2,5 g/cm<sup>3</sup>, densidade sinterizada de 3,90 g/cm<sup>3</sup> na temperatura de 1540°C, retração na sinterização de 17,5% e tamanho médio de partícula de 0,4 µm. [2]

#### . Aditivos

Na colagem de barbotina o meio utilizado é a suspensão em água, sendo a decantação e a aglomeração evitadas com o uso de dispersante ou defloculantes.

Neste trabalho foram utilizados os seguintes aditivos: ácido cítrico (dispersante), diluído a 10%, solução defloculante IQA PAC – C, amido (aglomerante), antiespumante IQA E05.

### Formulação dos Corpos de Prova

Na colagem de barbotina consegue-se obter corpos com alta densidade à verde devido às forças capilares envolvidas que atuam, formando-se uma parede compacta de partículas sobrepostas que foram “arrastadas” pela solução aquosa quando colocada no molde gesso.

Na formulação de barbotina de alumina, que apresenta um material particulado de 0,4 µm, a dificuldade apresentada é na sua dispersão. A função do dispersante utilizado é evitar aglomerações de partículas. Por outro lado, as suspensões devem possuir pH intermediário, evitando-se o desgaste excessivo dos moldes de gesso. Outros fatores que afetam a moldagem, além da viscosidade, pH e dispersante são a concentração de sólidos e as condições de moldagem. Controlando estes fatores se obtém os melhores compactos a verde [5].

Outro aditivo utilizado neste trabalho foi o amido (ligante), proporcionando uma maior resistência do corpo à verde, auxiliando para que as peças pudessem ser manipuladas e dadas o devido acabamento. A presença do ligante provoca aumento da viscosidade da barbotina, fazendo com que haja diminuição na velocidade de formação de parede da peça a verde. Dessa forma deve-se diminuir a concentração de sólidos.

Neste trabalho optou-se pelo procedimento experimental prático para a montagem das formulações. Para tanto foram realizados alguns experimentos na tentativa de estabelecer a melhor formulação para a barbotina A-16SG.

O Quadro I mostra a formulação adotada neste trabalho.

**Quadro I** – Formulação da barbotina de alumina.

<b>CONSTITUINTES</b>	<b>FORMULAÇÃO BARBOTINA DE ALUMINA</b>
Alumina	69,40%
Água deionizada (solução aquosa)	24,60%
Ácido Cítrico (diluído a 10%)	0,80%
Defloculante IQA PAC –C (solução 1:3)	0,12%
Amido (ligante)	5,00%
Antiespumante	Algumas gotas

### Preparação dos Moldes de Gesso

Os moldes de gesso foram preparados em formas de cano PVC com molde padrão (cadinho e pistilo), utilizando-se 1 kg de gesso para cada 600 ml de água. Após o tempo de

cura os mesmo foram colocados numa estufa a 57°C durante 24 horas para a completa secagem.

### Processamento Térmico

Os corpos de prova foram pré-sinterizados num forno tipo Mufla, na temperatura de 1200°C, durante 1 hora, e sinterização final a 1600°C, durante 2 horas.



### Caracterização Estrutural





As propriedades tecnológicas dos corpos de prova foram determinadas através das análises dos resultados dos ensaios de Absorção de Água (AA%) e Porosidade Aparente (PA%).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### Preparação dos moldes de gesso e peças de alumina

A Figura 1 mostra as etapas de preparação dos moldes de gesso utilizados na confecção das peças cerâmicas de alumina pela técnica de colagem de barbotina.

	Canos de PVC cortados.
	Canos de PVC montados para preparação dos moldes de gesso.

	<p>Colocação dos modelos nas formas de PVC para confecção dos moldes de gesso.</p>
	<p>Antes do vazamento do gesso deve-se pincelar vaselina ou sabão líquido de coco nos moldes, facilitando a desmoldagem.</p>
	<p>Vazamento do gesso sobre os moldes.</p>
	<p>Desmoldagem – retirada do modelo do molde de gesso pronto.</p>



**Figura 1** - Confeção dos moldes de gesso.

Após a confecção dos moldes os mesmos foram colocados na estufa para secagem numa temperatura de 57°C durante 24 horas.

Na etapa seguinte foi realizado o vazamento da barbotina de alumina nos moldes de gesso. O tempo de formação da peça foi de 5 minutos. Após esse tempo foi retirado o excesso de barbotina e o molde com a peça formada foi colocado na estufa para secagem e posterior desmoldagem, levando para isso um tempo de 20 minutos.

A Figura 2 mostra a peça obtida após a desmoldagem.



**Figura 2** - Confeção dos moldes de gesso.

#### Queima das peças cerâmicas produzidas

Após a desmoldagem as peças permaneceram na estufa por 24 horas para completa secagem e, após esse tempo, foram pré-sinterizadas numa temperatura de 1200°C, durante 60 minutos.

A etapa final de queima foi numa temperatura de 1600°C, durante 2 horas, onde a peça obteve as características finais. A Figura 3 mostra essa peça.



**Figura 3** - Cadinho de alumina após a queima final realizada a 1600°C.

### Ensaio Tecnológico de Absorção de Água e Porosidade Aparente

No ensaio de absorção de água e porosidade aparente realizado no corpo de prova após a pré-sinterização a 1200°C, a absorção de água ficou em torno de 25,49% e a porosidade aparente de 25,83%. Nessa temperatura de queima o amido foi degradado totalmente e a peça apresenta uma elevada porosidade e absorção de água.

Após a queima final na temperatura em torno de 1600°C esses percentuais reduzem drasticamente chegando a menos de 5%; estando prontos para a etapa de esmaltação.

### **CONCLUSÕES**

Os resultados demonstraram que o processo de colagem de barbotina é adequado para a produção de peças de alumina, bem como a utilização do amido como ligando em substituição ao álcool polivinílico apresentou resultados satisfatórios. A formulação utilizada apresentou boa fluidez, com tempo de vazamento interessante e adequada desmoldagem. Devido a presença do amido, evitando-se uma excessiva concentração de partículas sólidas, a barbotina formada deverá ser utilizada após a sua confecção, pois após um tempo de 24 horas de armazenamento a desmoldagem foi prejudicada.

As peças produzidas possuem excelentes propriedades, podendo ser utilizadas para as aplicações propostas no trabalho.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao grupo de pesquisa Automação, Eficiência Energética e Produção do IFBA – Campus Jacobina pelo apoio e suporte técnico no desenvolvimento deste projeto, a PRPGI/IFBA pelo aporte financeiro na apresentação do trabalho e ao Laboratório de



Caracterização de Materiais – LCM do IFBA/Campus Salvador pelas análises químicas realizadas.

## REFERÊNCIAS

- [1] J. Colla Jr.. Desenvolvimento de uma Massa Cerâmica para Produção de Peças Especiais Esmaltadas para Revestimento Através do Método de Colagem. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais, UFSC, Florianópolis-SC, 2004.
- [2] J. Catafesta; R. Andreola; C. A. Perottoni. Colagem de Barbotina de Aluminas Submicrométricas Comerciais. Revista Cerâmica 53, pp. 29-34. 2007.
- [3] L. de L. Dufour. Conformação de Peças de Cerâmica Avançada. Feira de Inovação Tecnológica UFRGS (3. : 2013 out. 21-25 : Porto Alegre, RS).
- [4] M. J. P. M. Ribeiro; J. C. C. Abrantes. Moagem em Moínhos de Bola: Estudo de Algumas Variáveis de Processo e Otimização Energética do Processo. Cerâmica Industrial n.6, 2001. 7-11 p.
- [5] J. M. Keller, R. R. Ulbrich, R. A. Haber. Effect of Variation of Dispersant and Fluid in the Rapid Prototyping of Alumina. Am. Ceram. Soc. Bull. 76, 3 (1997) 87.