

# ESTUDO DE FABRICAÇÃO DE ARTEFATOS CERÂMICOS TIPO GRÉS PORCELANATO ATRAVÉS DO PROCESSO DE COLAGEM

M. C. Filho<sup>1</sup>, K. Strecker<sup>1</sup>  
R. Carvalho de Rezende, 194-B – Centro, São João del Rei –MG CEP:36.000-032  
E-mail: coelho.ufg@gmail.com  
Universidade Federal de São João del Rei<sup>1</sup>

## RESUMO

*A região de Salinas-MG, é um reconhecido pólo produtor de cachaça. A localidade também apresenta solo com grande quantidade de matéria-prima utilizada na fabricação de vários tipos de produtos cerâmicos. Logo, uma possível atividade para os produtores locais é a manufatura das garrafas utilizadas no envase da cachaça. O papel da instituição foi identificar, e controlar as variáveis determinantes na qualidade dessas garrafas, além de elaborar um método prático e confiável de sua produção. Com materiais extraídos no local, foi possível a formulação de diferentes massas cerâmicas a partir de duas argilas, caulim CNM, feldspato Lufi e silicato de Salinas. Esses componentes foram combinados em suas devidas proporções e com diferentes quantidades de água, resultando em quatro misturas. Para isso, fez-se necessário um estudo qualitativo a respeito do uso do Silicato de Sódio  $Na_2O$  ( $SiO_2$ ) (abaixador de viscosidade) em cada uma das misturas, resultando em uma receita ideal para a barbotina.*

Palavras-chave: Argilas, Barbotina, Colagem, Silicato de Sódio

## INTRODUÇÃO

A cerâmica (ou massa cerâmica) mais conhecida e difundida no mercado é geralmente uma composição de argilas, caulim, quartzo e feldspato. Para o preparo da massa utilizada, as indústrias e/ou artesãos processam esses elementos em uma seqüência operacional que, a cada etapa, altera suas características físicas, químicas e mecânicas. As etapas fundamentais do processamento cerâmico envolvem: preparo da matéria-prima, conformação e processamento térmico (secagem e queima) <sup>(1)</sup>.

As indústrias cerâmicas brasileiras geralmente estão localizadas em regiões determinadas por uma combinação de alguns fatores, tais como: oferta de matéria prima, energia e mercado consumidor. O estado de Minas Gerais é bastante promissor para o desenvolvimento do setor cerâmico, pois, é detentor de reservas de argilas em qualidade e quantidade suficiente para uma exploração

economicamente viável. A região de Salinas – norte de Minas, conhecida e respeitada mundialmente pela cachaça que produz, possui um rico solo onde encontramos todas essas matérias-primas. Como forma de minimizar os custos de fabricação, agregar valor e arte ao produto que será comercializado e ainda gerar empregos na região, viu-se a possibilidade da produção de garrafas cerâmicas para envasar a cachaça produzida no local.

Depois de analisar as amostras das matérias-primas no LCCM (Laboratório de Caracterização e Certificação de Materiais da UFSJ), foi iniciado um processo de identificação, e controle das variáveis determinantes na qualidade das garrafas, além de elaborar um método prático e confiável de sua produção, que poderia ser facilmente reproduzido no local, isto é, fora do ambiente de laboratório.

Preparar adequadamente as matérias-primas melhora sua conformação e seu manuseio a cru, além de refletir também na qualidade do produto final. Como serão produzidas garrafas (objeto que pode assumir formas complexas e de difícil preparo manual), optou-se por fazer a conformação através do processo de colagem (utilizado na fabricação de vasos sanitários), onde a massa cerâmica deve estar no estado líquido (barbotina) para que possa ser vertida em uma forma de gesso, que dará o formato desejado ao produto. A água, entretanto, apesar de ser fundamental na preparação da barbotina não deve ser usada como único elemento abaixador de viscosidade, devido à necessidade de um elevado teor de partículas sólidas por unidade de volume na barbotina, por isso, também se utiliza o Silicato de Sódio.

O processamento térmico pode ocorrer em várias etapas do processo cerâmico, mas a sua maior importância está relacionada com a secagem e queima. Na secagem ocorre a eliminação de água livre e o corpo adquire resistência mecânica para a queima, evitando problemas de trinca e contrações diferenciais. Controla-se nessa etapa a temperatura, umidade e velocidade <sup>(2)</sup>. Ao queimar, consolida-se o formato definido pela conformação. Parte da massa cerâmica se transforma em um líquido viscoso que escorre e ocupa os espaços vazios entre as partículas mais refratárias, reduzindo a porosidade e, devido às forças de capilaridade, provoca a aproximação das partículas levando a retração. Durante o resfriamento, esse material se transforma em um vidro que liga as partículas mais refratárias e aumenta a resistência mecânica. Durante a queima devem ser controlados o pré-aquecimento, o cozimento e resfriamento <sup>(3) (4)</sup>.

Neste estudo, todas as etapas de produção serão executadas e estudadas, desde a preparação da barbotina, até as características do produto final.

## OBJETIVOS

Este projeto tem como objetivo o estudo do comportamento viscoso de quatro barbotinas, preparadas a partir das matérias primas argila, caulim, feldspato e silicato (fonte de quartzo), coletadas na região de Salinas – MG. Para otimizar as propriedades das barbotinas será investigado o efeito da adição de silicato de sódio, que resulta em uma menor viscosidade com uma alta densidade das suspensões. Serão ainda avaliadas as propriedades mecânicas das peças obtidas com essas barbotinas.

## MATERIAIS

Os materiais utilizados no preparo das misturas foram coletados na região de Salinas – MG e/ou fornecidos por algumas empresas locais que já utilizam os mesmos.

Foram utilizadas duas qualidades de argila, Fazenda Cercado e Fazenda Albano, doravante denominadas FC e FA. Além disso, as misturas seriam compostas pelos outros três elementos acima citados, caulim, feldspato e silicato de salinas, sendo este último utilizado como fonte de quartzo.

As proporções de todos esses elementos definem um tipo de mistura, definida como tipo “A”, isto é, eles foram usados nas proporções mostradas na Tabela I:

**Tabela I** – Proporção definida das matérias-primas

<b>Matéria Prima</b>	<b>Mistura (%)</b>
Argila	40
Caulim	10
Feldspato	15
Silicato	35

Definiu-se como interesse dessa análise o estudo das composições FCA (argila da Fazenda Cercado nas proporções acima) e FAA (argila da Fazenda Albano nas proporções acima), com 25% e 35% de umidade nas misturas, tendo a partir de agora as seguintes denominações:

**Tabela II** – Denominação das soluções estudadas em relação à argila e à quantidade de água

<b>Suspensão</b>	<b>Argila e porcentagem de água</b>
I	FCA, 25%
II	FAA, 25%
III	FCA, 35%
IV	FAA, 35%

Todos os elementos foram então devidamente separados e tratados. A argila e o Silicato de Salinas foram secos, moídos em moinho de bolas e então peneirados em peneira MESH 100. Logo após, passaram por um processo de secagem em estufa, para retirada total de umidade.

Depois da secagem, os elementos foram pesados e misturados formando as misturas desejadas. Cada mistura foi feita individualmente e uma nova mistura só começaria a ser feita depois que toda a análise da atual estivesse concluída, evitando perda de umidade da barbotina por evaporação. Além disso, todos os elementos permaneciam dentro da estufa, a fim de evitar absorção de água do vapor ambiente.

Para a leitura das viscosidades foi utilizado um viscosímetro rotacional “LV-DV II+ Programável” da marca Brookfield.

O acréscimo de silicato de sódio se deu em proporção à umidade da suspensão, e cada porção representava 0,25% da quantidade de água colocada inicialmente.

Para cada quantidade de silicato de sódio, foram lidos os valores de viscosidade para quatro rotações (velocidades de cisalhamento) diferentes, são elas: 30, 50, 60 e 100 RPM, sendo possível a obtenção de quatro curvas de viscosidade x quantidade de silicato para cada mistura possibilitando um estudo mais completo e mais abrangente em relação às velocidades.

Depois de avaliadas as misturas e suas respectivas quantidades ótimas de silicato de sódio constatamos que a Mistura III foi a que melhor reagiu à aplicação do silicato, visto que apresentou o gráfico mais perto do esperado (próximo de uma parábola). Apesar de seu comportamento não ideal, optou-se por prosseguir também com os estudos para a argila da Fazenda Cercado com 25 % de umidade (Mistura I), produzindo corpos de prova para ambas as quantidades de água.

Os corpos de prova (CPs) foram modelados a partir de uma forma de gesso, no formato desejado, atendendo as exigências técnicas que determinam suas dimensões.

Os CPs foram queimados a três temperaturas diferentes: 1100 °C, 1200 °C e 1250 °C. Além disso, para elaborar um estudo mais seguro, foram feitas três amostras para cada temperatura e porcentagem de água, com o intuito de se analisar a média entre elas. O quadro a seguir explica esta distribuição:

**Tabela III** – Distribuição e nomenclatura adotada para os CP's

	<b>25% de umidade</b>	<b>35% de umidade</b>	
<b>Corpos de Prova</b>	1	4	<b>1100 °C</b>
	2	5	
	3	6	
	7	10	<b>1200 °C</b>
	8	11	
	9	12	
	13	16	<b>1250 °C</b>
	14	17	
	15	18	

Depois disso, os CPs são novamente pesados, afim de que seja possível realizar os cálculos necessários para obtenção de suas propriedades mecânicas.

Outras medidas necessárias dos CPs são seus pesos úmido e imerso, sendo que para isso, todos passaram por um processo de despressurização, em uma bomba de vácuo instalada no laboratório.

Em seguida, os CPs foram novamente levados à estufa de secagem, afim de ser possível a execução do ensaio de resistência à flexão, cujos resultados serão expostos na devida hora.

De posse de todos esses dados (comprimento, largura, espessura, peso seco, peso úmido, peso imerso e resistência), partiu-se para a determinação e avaliação de cada uma das propriedades necessárias ao estudo do produto final. São elas:

- Retração Linear (%) – Variação das dimensões lineares após queima em cada uma das temperaturas:

$$RL(\%) = \frac{L_0 - L_F}{L_0} \times 100 \quad (A)$$

Onde:  $L_0$  = Comprimento inicial e  $L_F$  = Comprimento final

- Absorção de água (%) – Massa de água absorvida em relação à massa do corpo:

$$AA(\%) = \frac{P_U - P_S}{P_U} \times 100 \quad (B)$$

Onde:  $P_U$  = Peso úmido e  $P_S$  = Peso seco

- Porosidade Aparente (%) – Volume aparente de poros em relação ao volume total do corpo:

$$PA(\%) = \frac{P_U - P_S}{P_U - P_I} \times 100 \quad (C)$$

Onde:  $P_I$  = Peso imerso

- Tensão de ruptura à flexão (MPa): é um indicador quantitativo da resistência mecânica das argilas depois de queimada nas diversas temperaturas.

$$TR = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad (D)$$

Onde:  $P$  = força de ruptura (N),  $L$  = distância entre os apoios (80 mm),  $b$  = largura do corpo de prova (mm), e  $h$  = altura do corpo de prova (mm).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Aplicação de silicato de sódio

Como previsto, a adição de  $\text{Na}_2\text{O}$  ( $\text{SiO}_2$ ) provoca uma redução do valor da viscosidade de todas as soluções, levando-as a um ponto mínimo. Logo em seguida, ocorre o efeito contrário, elevando-se a viscosidade da solução.

Na Solução I foi observado que o ponto de menor viscosidade está na faixa de 0,75 - 1,0 % de  $\text{Na}_2\text{O}$ .

Para a Solução II, pode se observar que o ponto de menor viscosidade está na faixa de 1,25 - 1,5 % de  $\text{Na}_2\text{O}$ , exceto pela curva que representa os dados obtidos à 30 RPM, que leva o ponto de mínimo para a faixa de 1,0 – 1,25 % de  $\text{Na}_2\text{O}$ .

No estudo da solução 3 observamos que o ponto de menor viscosidade está sobre o valor de 0,75% de Na<sub>2</sub>O. Aqui a curva de 30 RPM também tem uma pequena variação em relação às demais, projetando um mínimo entre a faixa de 0,5 – 0,75 % de Na<sub>2</sub>O.

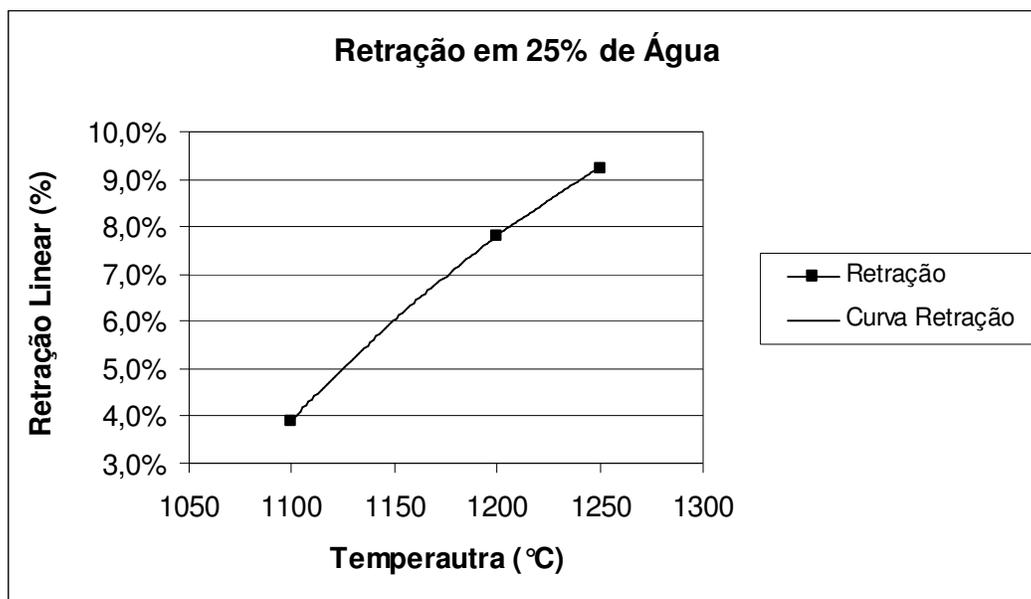
Na análise da solução 4 se pode observar que a menor viscosidade encontra-se na faixa de 0,5 - 1,0 % de Na<sub>2</sub>O, tendendo à uma leve alta a partir daí.

Como já foi dito, a partir deste ponto somente foram estudadas as misturas que tinha em suas composições a argila da Fazenda Cercado, ou seja, as soluções I e III.

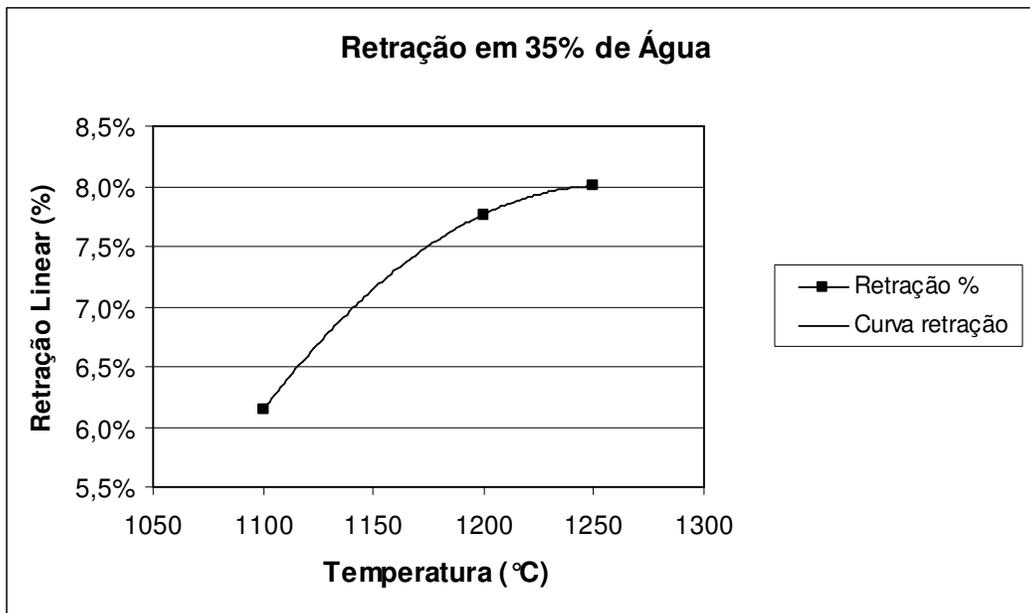
### Retração

Como esperado, todas as amostras obtiveram comportamentos dimensionais semelhantes quando queimadas, sendo que a retração foi tão maior quanto maior foi a temperatura.

Os gráficos abaixo (Figuras 1 e 2) ilustram de forma clara esse comportamento que, para cerâmicas, está dentro do padrão normal (abaixo de 10%).



**Figura 1 – Curva de retração da Mistura I**



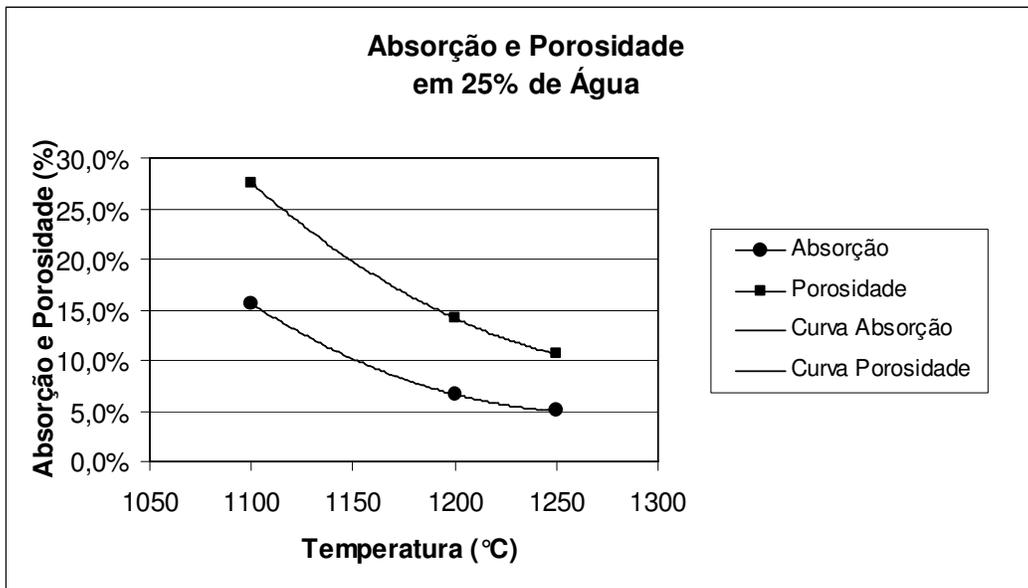
**Figura 2 – Curva de retração da Mistura III**

#### Absorção de Água e Porosidade

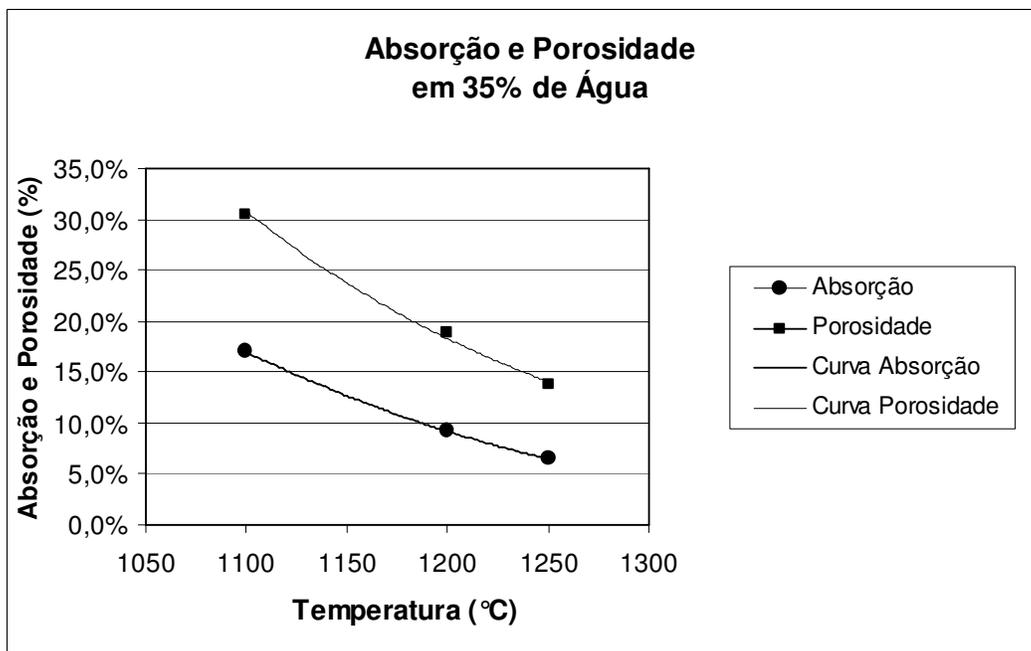
Os gráficos de porosidade e absorção de água são plotados simultaneamente, pois, além de possuírem uma escala compatível (o que não acontece com a retração), são duas grandezas intimamente relacionadas.

A absorção de água se faz maior nas peças de maior porosidade e vice-versa. Isso porque os espaços vazios (poros) são completamente preenchidos de água quando submetidos à depressão criada pela bomba de vácuo.

Esse efeito é de fundamental importância na fabricação das garrafas, pois implica na evaporação de seu conteúdo, e apesar de favoráveis, ainda se apresentaram ligeiramente acima do esperado (3% para absorção de água). Ainda assim, as amostras podem ser usadas na produção das referidas garrafas, pois em ambas as misturas obtivemos (para queima em 1250 °C) uma porcentagem bem próxima da ideal (pouco acima de 5% para a Mistura III e este valor para a Mistura I). É importante dizer que a porosidade (e conseqüentemente a absorção de água) irá diminuir assim que se aumente a temperatura (tendência claramente visível nas curvas, vide Figuras 3 e 4), o que implica que um acréscimo de temperatura pode ser interessante para os produtores.



**Figura 3** – Curvas de absorção de água e porosidade da Mistura I

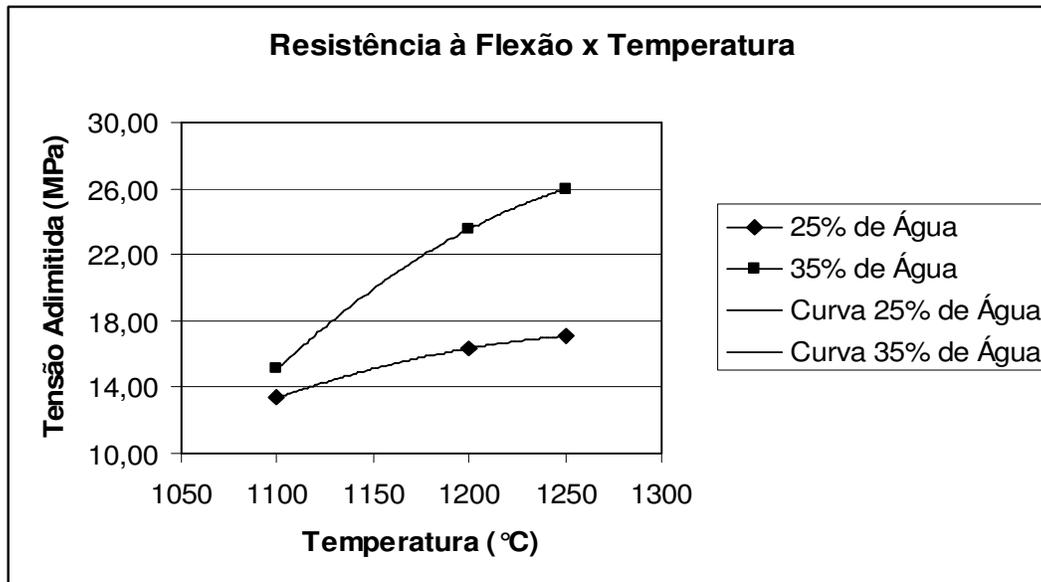


**Figura 4** – Curvas de absorção de água e porosidade da Mistura III

Nota-se ainda, em ambas as curvas, a tendência de a porosidade diminuir mais rapidamente que a absorção de água, devido às camadas externas dos CPs se umidificarem assim que entram em contato com a água, não sendo necessária a existência de poros para absorvê-la. Isto é, mesmo que a porosidade fosse zero, ainda assim teríamos absorção de água pelo CP.

## Resistência à Flexão

O teste de resistência foi o último passo da análise de todas as amostras. Consistiu da flexão dos CPs, bi-apoiados, com vão de 80 mm entre os apoios, e com a carga crescente sendo aplicada no centro (ou seja, à 40 mm de ambos os apoios) à uma velocidade constante de 1,38 mm/min. Foi utilizada a máquina EMIC DL 500.



**Figura 5** – Curvas ensaio de flexão

Este ensaio constitui um importante tópico da caracterização da cerâmica estudada, já que mede a resistência mecânica do produto final, uma vez que a maior parte do comércio da cachaça é representada pelas vendas a públicos não locais. Logo, as garrafas produzidas pelas técnicas aqui estudadas devem satisfazer essa necessidade de transporte da produção, inclusive à públicos internacionais ou pontos turísticos distantes da região.

## **CONCLUSÕES**

Apesar das soluções apresentarem um comportamento previsível quanto à adição de  $\text{Na}_2\text{O}$  ( $\text{SiO}_2$ ), as diferentes argilas exibiram comportamento diferentes em relação à queda ou aumento da viscosidade, e apresentaram também uma diferenciação no seu próprio comportamento para porcentagens diferentes de água, sendo que o aumento de água reduz consideravelmente a viscosidade da barbotina.

Isso deixa clara a influência da porcentagem de umidade na composição das soluções, podendo atribuir propriedades diferentes para uma mesma matéria-prima,

que por sua vez, podem representar métodos de uso, aplicações, e até características diferentes para o produto final.

Para a produção desejada, analisando todas as características estudadas, deve-se utilizar, preferencialmente, a Mistura III (argila da Fazenda Cercado, com 35% de água, e 0,75% de silicato de sódio), queimada a 1250 °C.

Tal conclusão segue o seguinte raciocínio:

- Na análise da viscosidade, tal mistura oferece o menor valor de viscosidade entre as duas misturas com a mesma argila. Esse baixo valor oferece maior facilidade e confiabilidade na produção das garrafas;
- Analisando a retração, pode-se notar um valor inferior ao apresentado pela Mistura I, o que proporciona melhor conformação dimensional ao produto (menor variação de tamanho), inclusive no caso de uma esmaltação posterior (tal processo é favorecido por uma baixa retração);
- Apresenta valores de porosidade e absorção de água ligeiramente superiores à Mistura I, porém esses valores podem ser facilmente corrigidos com um simples aumento na temperatura de queima. Por exemplo, pode-se queimar as garrafas à uma temperatura de 1275 °C. Além disso, a diferença desses valores não é tão grande, logo, não representa muita diferença no produto final;
- O grande trunfo, porém, da Mistura III reside na sua resistência mecânica, apresentando um valor 17 % maior que a Mistura I quando queimado à temperatura sugerida.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

(1) F. H. Norton

Introdução à Tecnologia Cerâmica

Edgard Blücher, Editora da Universidade de São Paulo. SP, 1973

(2) P. Souza e Santos

Tecnologia de Argilas, Vols. I e II

Editora Edgar Blücher, 2ª Ed., SP, 1992.

(3) Melchiades, Quinteiro e Boschi

A curva de Gresificação: Parte I. Cerâmica Industrial (1996).

(4) R. R. Rocha, A. Zanardo, M. M. T. Moreno

Comportamento Reológico de Barbotinas Preparadas com Argilas de Formação Corumbataí, 2007;

## **STUDY OF MANUFACTURE OF CERAMIC PARTS PORCELAINIZED STONEWARE TYPE THROUGH THE PROCESS OF BONDING**

### **ABSTRACT**

*The region of Salinas-MG, is a recognized producer of rum pole. The town also has soil with large quantities of raw materials used in the manufacture of various types of ceramic products. Therefore, a possible activity for local producers is the manufacture of bottles used in the filling of rum. The role of the institution was to identify and control the variables determining the quality of these bottles, and prepare a practical and reliable method of their production. With materials from the site, it was possible formulate different masses from two ceramic clays, CNM kaolin, feldspar Lufi and silicate of Salinas. These components, combined in their proper proportions and with different amounts of water, resulted in four blends. For that, there was a need for a qualitative study on the use of sodium silicate Na<sub>2</sub>O (SiO<sub>2</sub> in each one of the mixtures, resulting in an ideal recipe for the slips.*

Key-words: Clays, slips, bonding, sodium silicate