

Incorporação de rocha potássica na formulação de uma cerâmica vitrificada

(Incorporation of potassium rock in the formulation of a vitrified ceramic)

T. P. P. Coelho¹; M. A. Sant'Anna¹, J. R. Verza¹, G. F. Mello¹, M. R. Morelli¹

(1) Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – UFSCar, Rodovia Washington Luís (SP-310), Km 235, São Carlos, São Paulo, Brasil - CEP: 13565-905

Resumo

Os fundentes são importantes nas massas cerâmicas vitrificadas, pois são geradores de fases líquidas. O principal fundente utilizado em massas cerâmicas é da classe dos feldspatos, porém materiais alternativos a esses vêm sendo estudados e avaliados industrialmente. Um potencial candidato a substituição é a rocha potássica que foi utilizada no trabalho, a matéria prima é proveniente de Poços de Caldas-MG, a característica mais atrativa dessa matéria prima é seu teor de óxido de potássio, aproximadamente 13%. Dessa forma, esse trabalho objetivou o estudo da incorporação dessa rocha potássica, na formulação de uma porcelana cerâmica vitrificada com intuito de avaliar seu comportamento durante a queima e influência nas propriedades da cerâmica obtida. Para atestar a viabilidade da utilização de tal material, foram realizadas as seguintes caracterizações nos corpos cerâmicos: análise química da matéria prima, absorção à água, porosidade aparente, densidade aparente, retração linear e resistência mecânica à flexão.

Palavras chave: rocha potássica, cerâmicas vitrificadas, porcelanas, fundentes.

Abstract

The vitreous phase formers are important in the ceramic masses, since they are liquid phase generators. The main flux used in ceramic masses is of the feldspar class, but alternative materials have been studied and evaluated industrially. A potential replacement candidate is the potassium rock that was used in the work, the raw material comes from Poços de Caldas-MG, the most attractive feature of this raw material is its potassium oxide content, approximately 13%. In this way, this work aimed to study the incorporation of this potassium rock in the formulation of a vitrified ceramic porcelain in order to evaluate its behavior during burning and influence on the properties of the ceramic obtained. To verify the feasibility of the use of such material, the following characterizations were made in the ceramic bodies: chemical of the raw material, water absorption, apparent porosity, apparent density, linear retraction and mechanical resistance to flexion.

Keywords: potassium rocs, vitrified ceramic, porcelain, vitreous phase former.

INTRODUÇÃO

Os fundentes desempenham um papel fundamental nas massas cerâmicas vitrificadas, pois são geradores de fases líquidas. Essas, devido ao baixo ponto de fusão, são as primeiras a serem formadas durante a queima e são responsáveis pelo processo de densificação dos corpos cerâmicos. A densificação é dada pelo aumento da densidade do corpo pelo sistema de partícula, isto é, devido a um efeito de redução na energia do sistema. Durante o resfriamento, ocorre a formação da fase vítrea que contribui para a diminuição da porosidade e conseqüentemente aumento da resistência mecânica. Os fundentes são caracterizados pelos seus teores de óxidos alcalinos como Na_2O e K_2O . O principal fundente utilizado em massas cerâmicas vitrificadas é da classe dos feldspatos, porém materiais alternativos a esses vêm sendo estudados e avaliados industrialmente [1,2]. Um potencial candidato a substituição é a rocha potássica que será investigada no presente trabalho.

Industrialmente os fundentes são atraentes, pois diminuem a temperatura de queima do produto, acelerando a sinterização do mesmo, característica que permite reduções significativas no custo na etapa de queima do produto cerâmico [1].

O presente trabalho busca gerar comparações em termos de Absorção de Água (AA) e módulo de resistência mecânica a três pontos (RMF) com produtos cerâmicos, por exemplo, porcelana elétrica e grês. A Porcelana elétrica tem por definição como produto translúcido e impermeável, é um isolador elétrico para rede de baixa e alta tensão. A ausência de poros abertos e fechados é uma característica essencial de uma porcelana elétrica de alta tensão, respeitando a ausência de trincas e que a absorção de água seja menor que 0,5%, ou seja, baixa absorção de água, influenciando assim em alto conteúdo de fase vítrea após queimado [3-6]. O grês é da classe dos revestimentos cerâmicos e apresenta uma baixa AA (0,5 %- 3,0 %) e boa RMF (< 35 Mpa) [7].

Diante disso, a matéria-prima rocha potássica vista como possível substituta aos fundentes, por apresentar composição química comparável a dos feldspatos, apresenta potencial para utilização em massas de porcelana cerâmica vitrificada, além disso esta matéria prima apresenta diversas aplicações, como exemplo, podem ser utilizadas como fertilizantes de liberação lenta, indicada para plantio de café, cana-de-açúcar, entre outros que requerem o potássio em longo prazo, pois o potássio atua na nutrição da planta [8].

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta subdivisão são descritas as etapas para a realização do projeto experimental (ver Figura 1), com o objetivo de avaliar o comportamento durante a queima e influência nas propriedades da incorporação de rocha potássica na formulação de porcelana cerâmica vitrificada.

Os materiais utilizados para realização deste estudo foram a argila São Simão, quartzo e rocha potássica, sendo os dois primeiros materiais foram disponibilizados pelo Laboratório de Formulação e Síntese Cerâmica – LaFSCer, do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos – SP, local do desenvolvimento experimental, e por fim, a rocha potássica proveniente da cidade de Poços de Caldas- MG.

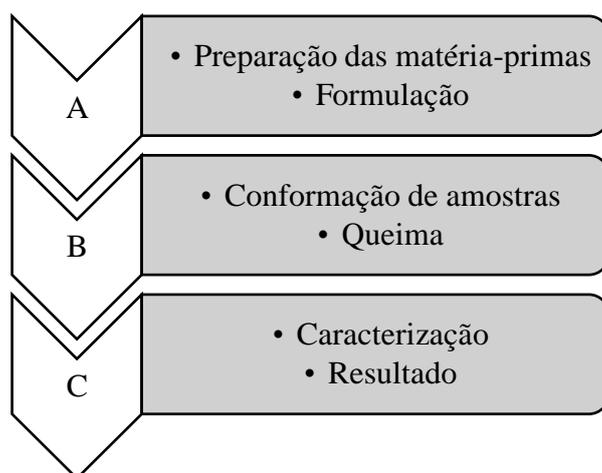


Figura 1 – Fluxograma de sequência das principais etapas realizadas no projeto experimental.

A rocha potássica foi submetida a análise química e mineralógica, posteriormente foram feitas as formulações baseadas em duas composições:

(I) F1: 40% Argila São Simão + 20% Quartzo + 40% Rocha Potássica

(II) F2: 50% Argila São Simão + 20% Quartzo + 30% Rocha Potássica

Para a preparação das composições fez-se a homogeneização das matérias-primas, ambas com a adição de água e 1% de defloculante à base de poliacrilato de amônio (nome comercial Dispersal), por aproximadamente por 4 horas com auxílio do moinho de bolas. Cada suspensão foi seca em estufa a 110°C por 24 horas; as massas obtidas foram desaglomeradas em almofariz e pistilo. Para a conformação de amostras por prensagem uniaxial, previamente as massas foram granuladas em peneira #30 e com adição de 6% em peso de água. Confeccionou-se barras de dimensões de aproximadamente 7cmx2cmx0,6cm com auxílio de

uma prensa hidráulica com pressão de 250 kgf/cm². As amostras recém prensadas foram medidas, pesadas, queimadas e por fim caracterizadas.

É importante salientar que foram preparadas 40 amostras e separadas em conjuntos de 5 barras para obter um padrão na queima, as queimas ocorreram nas temperaturas de 1100, 1150, 1200, 1250 e 1300°C com patamar de 1 hora e taxa de aquecimento de 5°C/min. Para a melhor temperatura escolheu-se conduzir a queima por 2h de patamar com a mesma taxa de aquecimento para observar o efeito do tempo de queima em ambas composições.

As amostras após a queima foram caracterizadas quanto a:

(a) Absorção de água (AA), porosidade aparente (PA), densidade aparente (DA) e retração linear (RL) baseada na Norma ASTM C20-00 - 2015.

$$AA (\%) = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100 \quad (A) \quad PA (\%) = \frac{M_u - M_s}{M_u - M_i} \times 100 \quad (B)$$

$$DA (\text{g/cm}^3) = \frac{M_s}{M_u - M_i} \times \rho_{\text{água}} \quad (C) \quad RL (\%) = \frac{L_i - L_f}{L_i} \times 100 \quad (D)$$

M.s: massa seca; M.u: massa úmida; M.i: massa imersa; ρ : densidade da água; L_i: comprimento a verde; L_f: comprimento da peça queimada.

(b) Módulo de resistência mecânica à flexão a três pontos (MRF) (ver Figura 2) em máquina Instron modelo 5200

$$MRF (\text{MPa}) = \frac{3}{2} \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \cdot 9,8066 \quad (E)$$

Onde: P: carga de ruptura (kgf); L: distância entre os apoios (cm); b: largura da amostra (cm); h: espessura da amostra (cm).



Figura 2: Amostra submetida ao ensaio de resistência mecânica à flexão a três pontos.

(c) Análise química foi feita por espectrometria de fluorescência de raios X (XRF-1800, Shimadzu).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise química

A Tabela 1 apresenta a composição química (% em peso) da rocha potássica.

Tabela 1: Análise química da matéria prima rocha potássica utilizada nas formulações.

Óxidos	Teor
SiO₂	55,3%
TiO₂	0,59%
Fe₂O₃	4,70%
K₂O	12,60%
Al₂O₃	21,40%
CaO	0,43%
P₂O₅	0,03%
MnO	0,14%
ZrO₂	0,15%
MgO	0,25%
Na₂O	0,48%
Cr₂O₃	0,01%
Perda ao Fogo	3,79%

Por meio dessa análise pode-se perceber os teores de óxidos alcalinos K₂O e Na₂O que atuam como principais formadores de fase líquida no momento da queima do material cerâmico, estão por volta de 13%, o qual é um valor semelhante a classe dos feldspatos.

Características Físicas

Após a queima, os corpos de prova tiveram uma variação da coloração com a temperatura de queima conforme mostrado na Figura 3. Com isso é possível observar que as temperaturas de 1100 e 1150°C não foram suficientes para a queima do material, além disso 1250 e 1300°C para a F1 foram elevadas demais, pois levou à formação de bolhas na superfície, característica de uma superqueima do material.

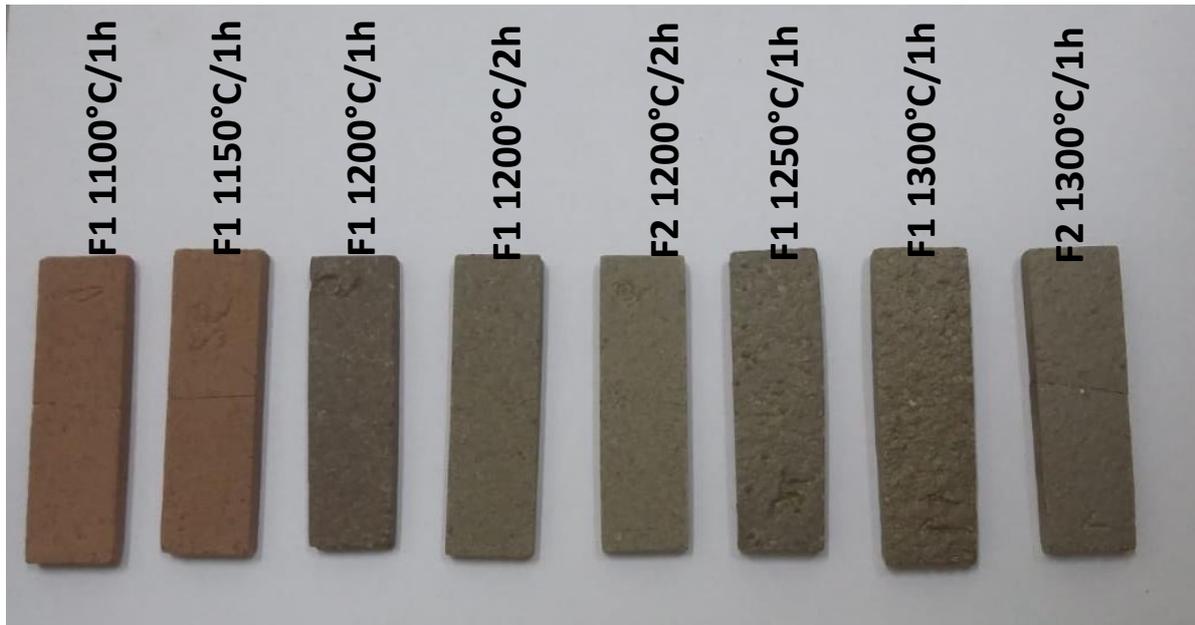


Figura 3: Aspecto superficial das amostras após a queima para as duas composições de massa de cerâmica vitrificada a partir de rocha de potássio.

As características após queima, cujos valores representam a média de 5 corpos de prova, estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Características físicas e resistência mecânica após a queima de amostras das composições de massa cerâmica vitrificada a partir de rocha de potássio.

		T (°C)	AA (%)	PA (%)	DA (g/cm ³)	RL (%)	MRF (MPa)
Formulação I	1h	1100	8,94 ±0,30	17,98±0,49	2,01±0,01	9,44±0,28	7,46±1,19
		1150	8,78±0,60	17,75±1,00	2,02±0,02	9,88±0,24	9,75±2,74
		1200	1,41±0,08	3,31±0,18	2,34±0,00	13,2±0,2	17,70±2,96
		1250	1,23±0,24	2,62±0,5	2,14±0,02	13,01±0,31	15,79±1,67
		1300	1,07±0,19	1,92±0,33	1,80±0,01	9,39±0,67	14,41±0,85
	2h	1200	1,78±0,12	4,09±0,27	2,30±0,01	11,19±0,21	18,96±0,95
Formulação II	1h	1300	0,78±0,18	1,74±0,39	2,22±0,08	12,69±0,28	22,42±2,07
	2h	1200	1,94±0,24	4,51±0,53	2,31±0,01	13,12±0,15	21,37±1,65

Como dito anteriormente, é possível observar que as temperaturas de 1100 e 1150°C não foram suficientes para a completa queima e sinterização do material, pois os valores de AA e PA estão elevados, sinal que não houve a completa densificação e assim influenciando

diretamente no menor MRF em relação às outras temperaturas. Em relação à composição F1 queimada por 1h, a melhor temperatura foi de 1200°C, pois acima dessa ocorre a superqueima do material e bolhas na superfície começaram a aparecer comprometendo-a, com isso ocorre uma queda substancial do MRF. Para melhor analisar as condições de F1-1h foram plotados os resultados e os gráficos apresentados na Figura 4.

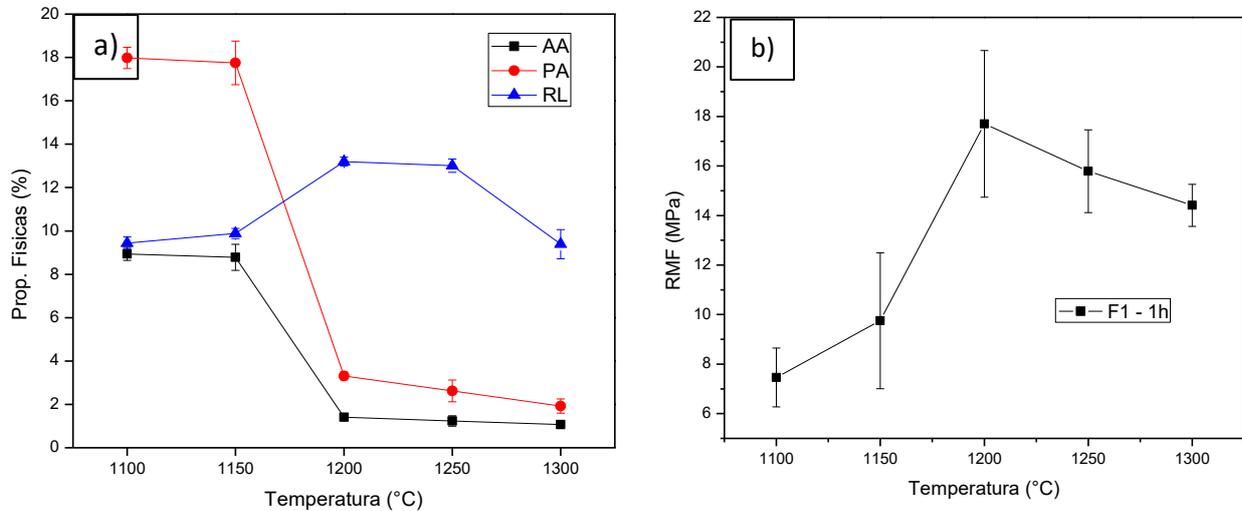


Figura 4: a) Características físicas (AA, PA e RL) e b) MRF, em função da temperatura de queima com 1h de patamar para composição F1 de massa cerâmica vitrificada a partir de rocha potássica.

Afim de se analisar a influência do patamar de queima nas características físicas, fez-se uma nova queima em 1200°C, a qual demonstrou ser a melhor temperatura, com um patamar de 2h. Dessa forma, observou-se que não houve alteração significativa nos valões do módulo de resistência mecânica, provavelmente como consequência do início de superqueima, uma vez que os valores de AA e PA foram maiores que os obtidos para 1200°C/1h.

Já para a composição F2, com o aumento de argila São Simão e a diminuição do teor de rocha potássica, ocorreu uma melhora da absorção para 1300°C com o maior MRF entre as amostras estudadas. Sabe-se que existe uma interação entre as características, de modo que uma redução na absorção, pode ser relacionado à uma menor quantidade de poros abertos e consequentemente um maior módulo resistência mecânica, porém a superfície apresentou algumas bolhas. Já para a temperatura de 1200°C em um patamar de 2h a PA foi mais pronunciada comparando com a temperatura de 1300°C, a qual contribui para uma menor resistência mecânica e uma maior AA.

Dessa forma ao comparar os resultados obtidos com algumas especificações de materiais cerâmicos, levando em conta a AA de uma porcelana elétrica (aproximadamente 0,5%) [3], a

formulação na melhor condição (F2 – 1300°C – 1h) apresenta uma absorção maior, 0,78% que a requerida, sendo que a formulação necessita de mais alguns ajustes para ser avaliada como uma possível formulação de porcelana elétrica.

Levando em consideração um grês, o qual deve apresentar absorção entre 0,5 e 3%, a absorção das formulações geradas com a rocha potássica se enquadram nesse intervalo, porém o módulo de resistência a flexão deve ser maior que 35Mpa (para espessuras > 6,5mm) segundo a norma NBR 13818 [7] e nenhuma das amostras atingiu esse valor.

CONCLUSÕES

A rocha potássica que foi avaliada em duas formulações de massa cerâmica vitrificada, por possuir potencial para ser aplicada como fundente, mostrou que para as formulações e condições experimentais adotadas, ainda existe a necessidade de ajustes para se atingir os objetivos de uma futura aplicação, que possa atender à normalização existente, quer para uma massa de porcelana elétrica, quer para um grês. No entanto, vale ressaltar que foram utilizadas composições bases triaxiais, e que formulações mais elaboradas em que a rocha potássica possa ser um fundente secundário, são desafios para estudos futuros.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- [1] H. C. M. Lengler, J. Vicenzi, C. P. Bergmann. Caracterização comparativa de fundentes para emprego na indústria cerâmica. *Cerâmica Industrial*, v.14, n.4, 2009.
- [2] H. G. Riella, E. U. C. Franjndlich, M Durazzo. Caracterização e utilização de fundentes em massa cerâmicas. *Cerâmica Industrial*, v.3, n.3, 2002.
- [3] M. A. Silva. Estudo da influência da incorporação de resíduo de rocha ornamental nas propriedades de porcelana elétrica aluminosa. Dissertação. (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 110f, 2009.
- [4] J. F. M. Motta, L. C. Tanno Jr. As matérias-primas cerâmicas. Parte I: o perfil das principais indústrias cerâmicas e seus produtos. 2001. *Cerâmica Industrial*, v.6, n.2, p.32.

- [5] P. W. Olupot. Assessment of Ceramic Raw Materials in Uganda for Electrical Porcelain. Thesis (Licentiate in Material Science), Department of Materials Science and Engineering Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden 20p, 2006.
- [6] K. F. Portella, C. M. Garcia, G. P. Souza, M. P. Cantão, L. E. Caron, O. Baran, N. Rreifur. Caracterização de materiais empregados em isoladores de porcelana, tipo pedestal, utilizados na COPEL desde 1980. *Eletricidade Moderna*, v. 277, p. 322-332, 1997.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13818: Placas cerâmicas para revestimentos: especificações e métodos de ensaios. Rio de Janeiro.1997.
- [8] M. S. Araújo, J. A. Sampaio. Estudo do uso de rocha potássica como fertilizante de liberação lenta. II Simpósio de minerais industriais do Nordeste. Parte III: agrominerais, Campina Grande: CETEM/UFPE, 2010, p. 145-152.