

## **CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE NEFELINA SIENITOS DA REGIÃO DE POÇOS DE CALDAS, MG, VISANDO APLICAÇÃO COMO FUNDENTE NA INDÚSTRIA CERÂMICA**

**JERÔNIMO, G.C.C.<sup>1</sup>, GONÇALVES, C.C.<sup>2</sup>, DEL ROVERI, C.<sup>3</sup>, BERGERMAN, M.G.<sup>4</sup>, NAVARRO, F.C.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alfenas. gabriel.ccjeronimo@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Alfenas. carolinec.gon@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Alfenas. carolina.roveri@unifal-mg.edu.br

<sup>4</sup>Universidade Federal de Alfenas. mauricio.bergerman@unifal-mg.edu.br

<sup>5</sup>Universidade Federal de Alfenas. fabiano.navarro@unifal-mg.edu.br

### **RESUMO**

O potássio é um elemento fundente em massas cerâmicas, contribuindo com a formação de fases líquidas viscosas, responsáveis pela microestrutura das peças. É encontrado em diversas matérias-primas, dentre elas, nos feldspatos e feldspatóides. Na região de Poços de Caldas, MG, são encontrados nefelina sienitos, que são rochas magmáticas ricas em potássio. Atualmente, uma parcela destas rochas é utilizada na fabricação de fertilizantes de liberação lenta. Porém, há um volume bastante grande de material na região sem destinação definida. O objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento fundente de duas amostras de nefelina sienito provenientes de Poços de Caldas, MG, adicionados, em diferentes proporções, a uma argila não plástica, também da região. Foi realizada a caracterização tecnológica das formulações, visando a avaliação do comportamento fundente das mesmas, visando futuros testes na composição de massas de porcelanato. Os ensaios foram realizados com base nas normas brasileiras que regem a caracterização de materiais cerâmicos para revestimentos. Os resultados mostraram que há viabilidade de uso dos nefelina sienitos como matérias-primas fundentes para a indústria cerâmica.

**PALAVRAS-CHAVE:** sienito; caracterização; fundente; cerâmica; potássio.

### **ABSTRACT**

Potassium is an melt element in ceramic masses, contributing to the formation of viscous liquid phases, responsible for the microstructure of parts. It is found in various raw materials, among them, the feldspars and feldspathoids. In the region of Poços de Caldas, MG, nepheline syenite are found, which are magmatic rocks rich in potassium. Currently, a portion of these rocks is used in the manufacture of fertilizers. However, there is a large volume of material in the region with no destination set. The objective of this work was to study the melting behavior of two samples of nepheline syenite from Poços de Caldas, MG, added in different proportions, not a plastic clay, also in the region. The technological characterization of the formulations in order to evaluate the behavior of the same flux was made, aiming future tests in the composition of bodies of porcelain. The tests were conducted based on Brazilian standards governing the characterization of ceramic materials for coatings. The results showed that there feasibility of use of nepheline syenite as starting materials for the ceramics industry fluxes.

**KEYWORDS:** syenite; characterization; melting; ceramics; potassium.

## 1. INTRODUÇÃO

O Maciço Alcalino de Poços de Caldas (MAPC) localiza-se na divisa dos estados de Minas Gerais e São Paulo, região pertencente ao limite nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná (MORAES, 2005). A cidade, que dá o nome ao complexo, dista aproximadamente 450 km da capital mineira, Belo Horizonte e 250 km da capital paulista, São Paulo. As principais vias de acesso ao local são as BR-459 e BR-381. O maciço, que possui cerca de 800 km<sup>2</sup>, é composto, predominantemente, por rochas magmáticas de uma chaminé alcalina que datam do Cretáceo Superior. O complexo é constituído por uma associação sienítica sub-saturada, onde há um predomínio de rochas alcalinas, como rochas plutônicas, hipoabissais e efusivas complexas com diferentes variações (ALBERTI, 2008; MORAES, 2005). Admite-se ainda, que a caldeira do maciço possui rochas encaixantes como granitos e granitoides proterozóicos (ALBERTI, 2008). A litologia, mais detalhadamente, é constituída de foiaitos (plutônicas), tinguaítos (sub-vulcânicas), com presença de fonólitos, leucititos, lavas ankaratríticas, tufos, aglomerados e brechas vulcânicas, distribuídos ao longo do planalto. Como os fonólitos, tinguaítos e foiaitos possuem praticamente a mesma composição química, pode-se dizer que suas composições mineralógicas predominantes são formadas por anortoclásio, nefelina, aegirita e sanidina, e como acessórios destacam-se a magnetita, fluorita, zircão, titanita, entre outros. Um produto do metassomatismo ocorrido na região é conhecido como *Rochas Potássicas*, que nada mais é que um foiaito rico em potássio; assim, o foiaito inalterado contém cerca de 7 a 8% de K<sub>2</sub>O, enquanto que a rocha potássica possui entre 10 e 14% de K<sub>2</sub>O. Há também as nefelinas sienitos, que também são denominadas de foiaitos. Essas rochas de origem plutônica possuem textura variando de média a grossa, coloração cinza quando inalterada e rósea quando alterada. As rochas potássicas, que estão associadas a processos de metassomatismo e alterações hidrotermais, são rochas de textura fina que apresentam alto teor de potássio e possuem coloração que varia entre cinza claro e cinza escuro (UNESP, 2008). O MAPC apresenta uma variedade dessas rochas potássicas tais como nefelinas sienitos e fonólitos. De acordo com Faquin *et al.* (1986), essas rochas potássicas são alcalinas, insaturadas em sílica e denominadas por feldspatos potássicos, nefelina e igrina. Guardani (1981 apud Nascimento, *et al.*, 2008) destaca que o planalto apresenta uma reserva total de aproximadamente 3,2 bilhões de toneladas das referidas rochas, correspondendo um montante de aproximadamente 350 Mt de K<sub>2</sub>O.

As rochas potássicas têm sido estudadas, como nos diz Brasil (2009), como matéria-prima para a técnica denominada rochagem. Porém, há um volume bastante grande de material na região sem destinação definida. O objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento fundente de duas amostras de nefelina sienito provenientes de Poços de Caldas, MG, adicionados, em diferentes proporções, a uma argila não plástica, também da região. Foi realizada a caracterização tecnológica das formulações, visando a avaliação do comportamento fundente das mesmas, visando futuros testes na composição de massas de porcelanato.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Coleta das amostras em campo e preparação

Foram coletadas seis amostras das referidas rochas potássicas em diferentes regiões. Dentre as amostras, duas foram escolhidas para a realização dos ensaios tecnológicos, denominadas de AM1 e AM3. As amostras foram britadas, homogeneizadas e quarteadas (em quarteador Jones) e suas frações de 10 kg acondicionadas individualmente, a fim de se obter representatividade em todas as etapas da pesquisa.

## **2.2. Ensaio cerâmicos**

Com o intuito de verificar a viabilidade da utilização das amostras estudadas como fundente na fabricação de pisos e revestimentos cerâmicos foram realizados ensaios tecnológicos em duas delas, quais sejam as que contêm maior (AM1) e menor teor de potássio (AM3). Os ensaios cerâmicos consistiam na produção de corpos de prova constituídos de uma argila não plástica, de comportamento conhecido, denominada S-45 e por cada uma das amostras em questão. Tanto a argila quanto a rocha potássica foram moídas até se tornarem cem por cento passantes em peneira ABNT #80. Foram produzidos 20 corpos de prova com três diferentes proporções das amostras fundentes (5%, 10% e 15%) em potencial (rocha potássica). A porcentagem de umidade para conformação dos corpos de prova foi de 10% nas três composições. As amostras foram prensadas em prensa manual marca luxor e suas dimensões, bem como suas massas foram tomadas a verde com paquímetro. Depois foram levadas à estufa por 24 h para que os mesmos dados pudessem ser tomados a seco. O passo seguinte foi a queima de corpos de prova de cada composição. Foram realizadas 2 queimas conduzidas da seguinte maneira: cinco corpos de prova (numerados de 1 a 5) a uma temperatura de queima de 1050°C com patamar de 2h e taxa de aquecimento de 3°C/min e na segunda queima, a 1100°C, outros cinco corpos de prova (numerados de 6 a 10). As amostras foram resfriadas naturalmente dentro da própria mufla e depois de retiradas, foram medidas suas novas dimensões e massas pós queima.

Foi determinada a absorção de água dos corpos, para tanto, os que haviam sido queimados foram submersos em água por 24h e suas massas úmidas foram aferidas depois desse período. A massa imersa dos mesmos corpos de prova também foi determinada, para a quantificação da porosidade. Foi seguida a norma ABNT NBR 13818/1997.

Foram realizados ensaios de determinação da resistência mecânica a flexão em corpos de prova secos e queimados nas duas temperaturas. Os ensaios foram realizados utilizando equipamento de flexão em três pontos Nannetti CC96/2006, pertencente ao Departamento de Petrologia e Metalogenia da UNESP de Rio Claro.

Além disso, foram realizados ensaios de fusibilidade segundo procedimento padrão interno da empresa Endeka Ceramics, onde as amostras AM1 e AM3 de rocha potássica sofreram fusão, gerando botões de vidro, para fomentar a verificação de viabilidade de uso na fabricação de esmaltes cerâmicos e vidros.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1. Ensaio Cerâmicos - Amostra AM1**

Nas figuras seguintes são apresentados os resultados referentes à caracterização tecnológica da amostra AM1. Na figura 1A se pode observar os dados referentes à densidade geométrica desde à verde até a queima de temperatura mais alta. Verifica-se tendência a aumentar a densidade nas maiores temperaturas, pela formação de fases líquidas na queima, que promove a sinterização das peças. À medida que a geração de fases líquidas por capilaridade aproxima os grãos na sinterização, há a diminuição nas dimensões das peças, que pode ser observada na figura 1B.

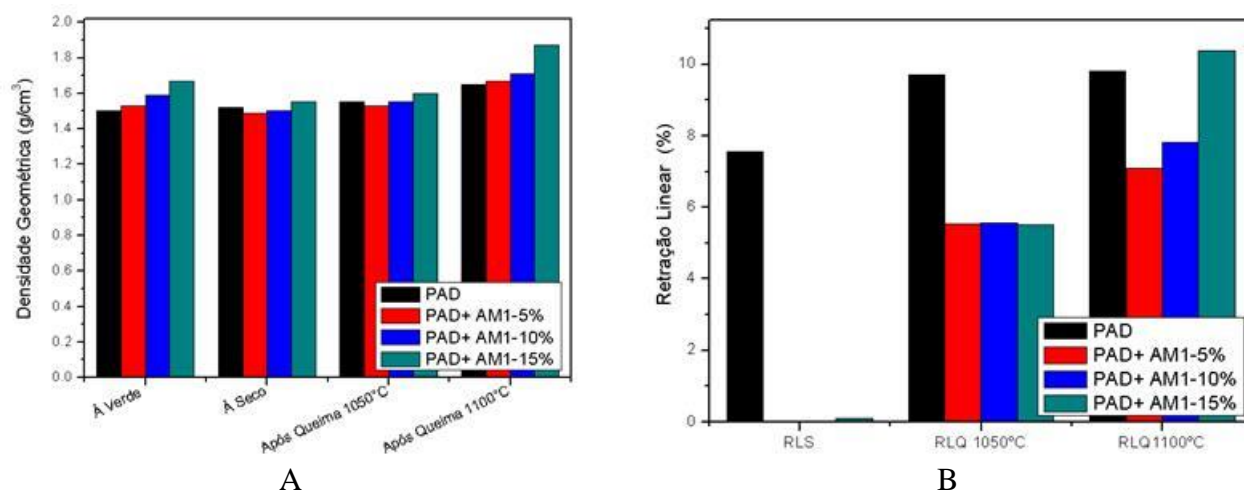


Figura 1. (A) Densidade Geométrica dos Corpos de Prova confeccionados com a amostra AM1. (B) Retração Linear de Secagem e de Queima, dos Corpos de Prova confeccionados com a amostra AM1.

Na figura 2 pode se verificar a evolução da absorção de água e da porosidade aparente para os corpos de prova confeccionados com a amostra AM1. Verifica-se que a absorção de água decresce com o aumento do percentual de amostra fundente na composição. O mesmo ocorre com a porosidade aparente.

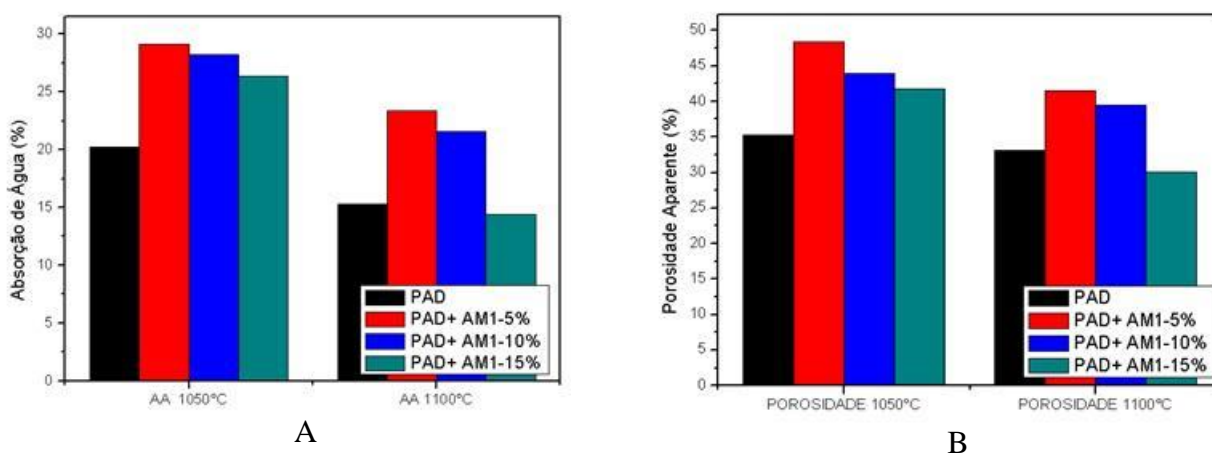


Figura 2. (A) Absorção de Água dos Corpos de Prova confeccionados com a amostra AM1. (B) Porosidade Aparente dos Corpos de Prova confeccionados com a amostra AM1.

O aumento no teor de amostra fundente promove o aumento da resistência mecânica (Figura 3), pela diminuição da porosidade aparente. Nas temperaturas de queima de 1100°C, a resistência mecânica apresentada, em relação ao padrão, é muito mais elevada.

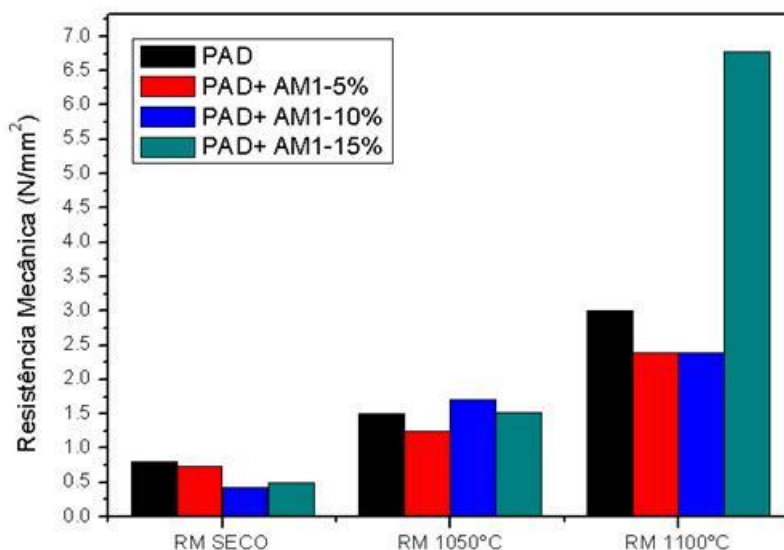


Figura 3. Resistência Mecânica dos Corpos de Prova confeccionados com a amostra AM1

### 3.2. Ensaios Cerâmicos - Amostra AM3

Nas figuras seguintes são apresentados os resultados referentes à caracterização tecnológica da amostra AM3. Na figura 4 pode-se observar a mesma tendência apresentada pela caracterização da amostra AM1.

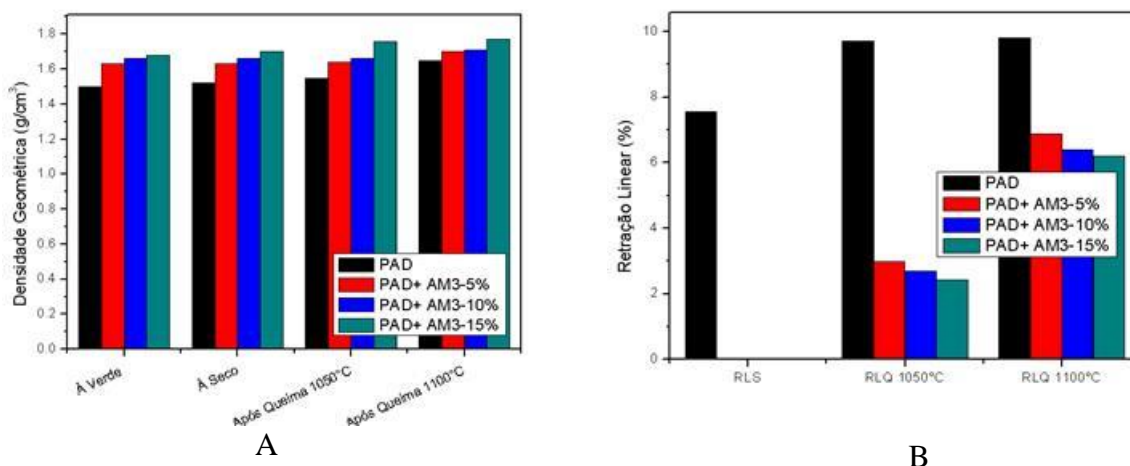
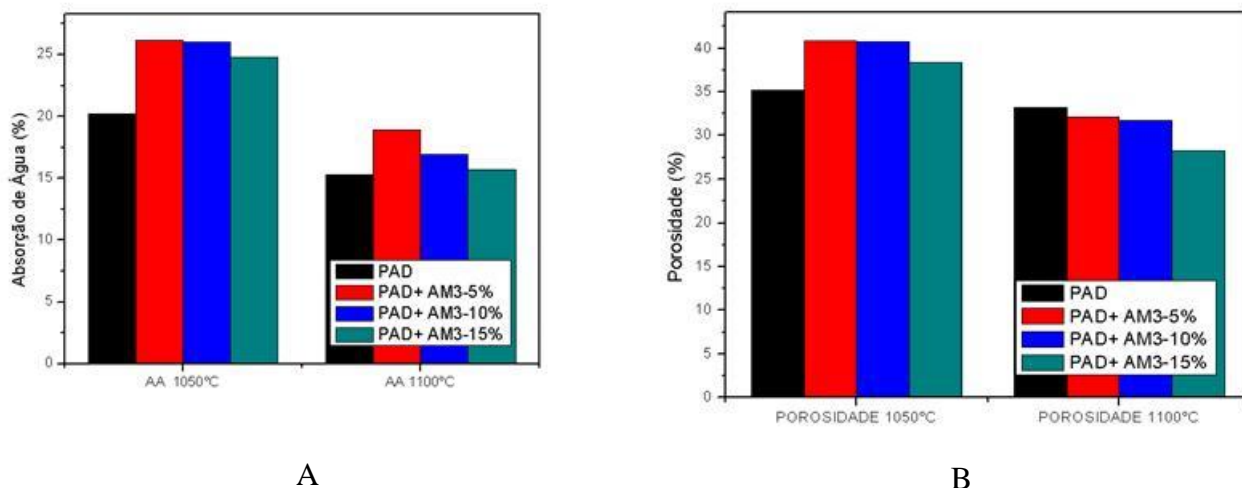


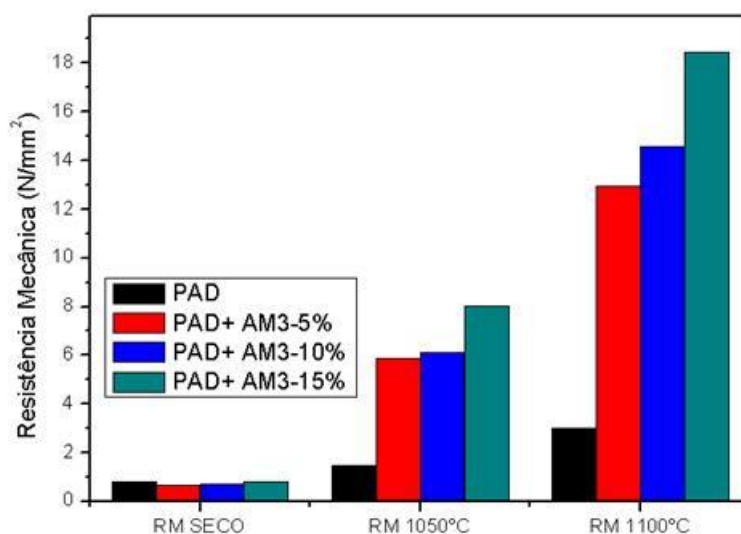
Figura 4. (A) Densidade Geométrica dos Corpos de Prova confeccionados com a amostra AM3. (B) Retração Linear de Secagem e de Queima, dos Corpos de Prova confeccionados com a amostra AM3.

Na figura 5 se pode observar os resultados referentes à Absorção de Água e Porosidade Aparente dos corpos de prova constituídos pela amostra AM3. Verifica-se que inicialmente, ambas as propriedades apresentam valores mais elevados em relação ao padrão. Porém, com o aumento de temperatura, houve um decréscimo significativo em ambas as propriedades.



**Figura 5. (A) Absorção de Água dos Corpos de Prova confeccionados com a amostra AM3. (B) Porosidade Aparente dos Corpos de Prova confeccionados com a amostra AM3.**

Na figura 6 observa-se que a resistência mecânica sofreu incremento em relação ao padrão, para todas as situações de ensaio.



**Figura 6. Resistência Mecânica dos Corpos de Prova confeccionados com a amostra AM3.**

Na figura 7 se pode observar o teste comparativo de fusibilidade para uso em vidros e esmaltes. As amostras AM1 e AM3 foram comparadas ao padrão e a uma amostra de sienito da região. Pode-se observar que a coloração é bastante escura, principalmente comparada ao padrão, mostrando que o possível uso para as aplicações citadas está condicionado à tratamentos físicos e químicos para retirada de óxido de ferro das amostras (que atua como colorante).

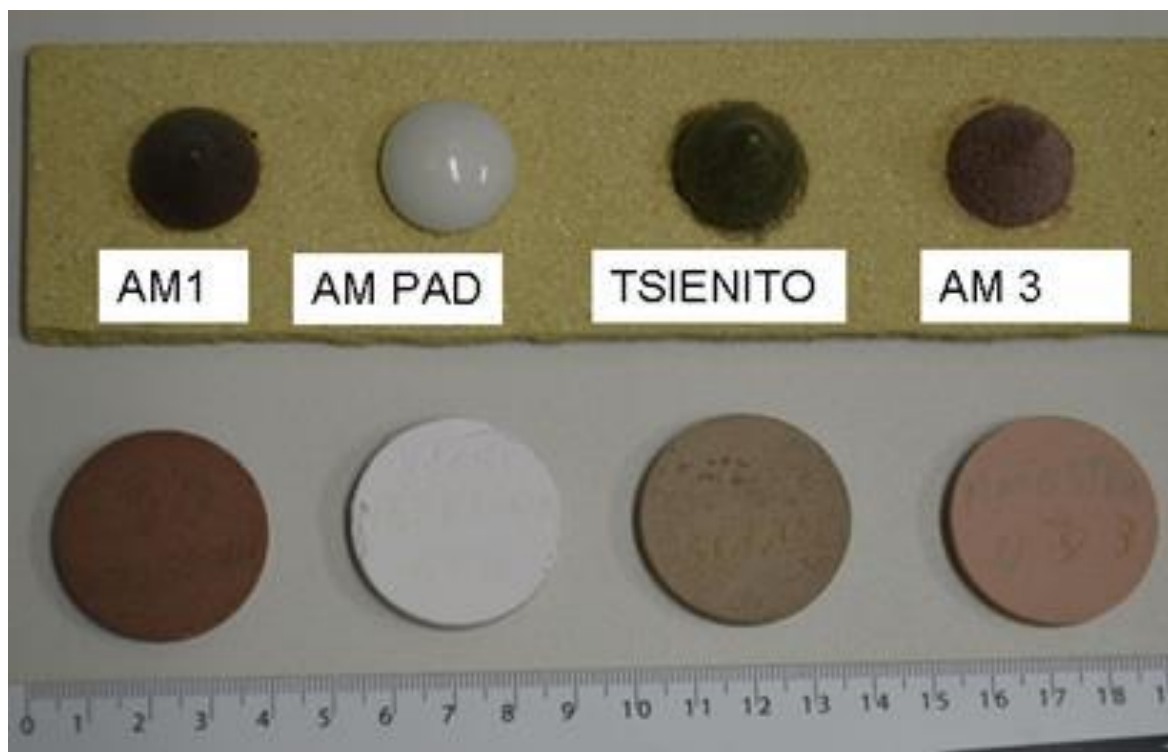


Figura 7. Teste de Fusibilidade para vidros e esmaltes das amostras.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos ensaios preliminares de cerâmica realizados, se pode verificar que há potencial para uso das amostras na fabricação de pisos e revestimentos cerâmicos, pois as amostras incrementaram o poder de sinterização da amostra padrão, melhorando os resultados das propriedades gerais. Para uso na fabricação de vidros e esmaltes há a necessidade de retirada do óxido de ferro, por métodos físicos ou químicos, com a finalidade de tornar a coloração das amostras mais próximas do branco. Os ensaios de fusão mostraram que o material pode ser utilizado na fabricação de vidro, em especial âmbar, e que, mostra potencial para uso em massas de porcelanato, como matéria-prima nobre, de natureza fundente. Cabe ressaltar que a limpidez do fundido, em relação aos restos de feldspatos, sugere que a fusão total resultará em material de tonalidade bem mais clara e com ou sem pontuações escuras muito menores, porém vidro incolor ou praticamente incolor aparenta não ser possível de ser obtido sem beneficiamento, e teria que envolver lixiviação, separação magnética, gravitacional e/ou flotação.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapemig e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação da UNIFAL-MG, pelo apoio concedido.

#### 6. REFERÊNCIAS

ALBERTI, H. L. C. Caracterização fisiográfica e avaliação hidrológica na bacia do Ribeirão das Antas, Planalto de Poços de Caldas, MG. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geologia e Recursos Naturais, Departamento de Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Cap. 1. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000446684&fd=y>>. Acesso em: 08 mar. 2012.

FAQUIN, V.; KINJO, T.; MALAVOLTA, T. Efeito do tratamento térmico e da adição de calcário dolomítico na cinética de liberação de potássio do sienito nefelinico de Poços de Caldas. Universidade de São Paulo, USP. Piracicaba, SP, 1986.

GÜLSOY, Ö. Y.; CAN, N. M.; BAYRAKTAR, I. Production of potassium feldspar concentrate from a low-grade pegmatite ore in Turkey. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy*. v.114. 2005.

MORAES, F. T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. Importância de estudos fisiográficos no planejamento municipal: exemplo do Jardim Botânico de Poços de Caldas, MG. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 24, n. 3, p.255-266, 2005. Mensal. UNESP.

UNESP. Estudo de caracterização geológico-geotécnica aplicado ao planejamento rural e urbano do município de Poços de Caldas, MG. Rio Claro, 2008.