

# ESTUDO COMPARATIVO DA INFLUÊNCIA DE DOIS TIPOS DE FELDSPATOS NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS POROSOS\*

Mateus Oliveira Teixeira<sup>1</sup>  
Caio Lucas da Silva Pereira<sup>2</sup>  
Raimison de Assis<sup>3</sup>  
Flánelson Maciel Monteiro<sup>4</sup>

## Resumo

Os revestimentos cerâmicos são responsáveis por uma parcela significativa do faturamento da indústria ceramista mundial. Esses materiais são recentes no mercado, sendo criados em meados do século XX na Europa. A classificação desses produtos é dada pelas NBR's 13817 e 13818, tendo como principais parâmetros, o índice de absorção de água (AA%) e módulo de resistência à flexão (MRF). Dessa forma, os revestimentos são classificados como porcelanato, grés, semigrés, semiporoso e poroso. As matérias primas básicas que compõem os revestimentos cerâmicos são: argilas, caulim, quartzo e feldspatos. Entre esses materiais, os feldspatos possuem propriedades técnicas imprescindíveis para o desempenho dos materiais cerâmicos, entre as quais, formar fase vítrea nos produtos, diminuindo a porosidade e, logicamente, absorção de água. Esses minerais são formados por misturas de alumino-silicatos de potássio, cálcio, sódio e lítio, podendo ter outras composições químicas. Entre as duas principais famílias de feldspatos, têm-se o ortoclásio ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), formado por potássio e a albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), que possui sódio na sua formação. Portanto, o objetivo deste trabalho é estudar a influência de dois tipos de feldspatos nas propriedades tecnológicas dos revestimentos cerâmicos do tipo poroso, tendo sido escolhidos os feldspatos do tipo albita e ortoclásio. E por fim, apresentar uma comparação entre as principais características encontradas nos corpos de prova. Foram desenvolvidas duas formulações de revestimento, cada uma composta com um tipo de feldspato distinto, sendo confeccionado 10 (dez) corpos de prova para cada formulação. A sinterização das amostras foi realizada nas temperaturas de 1000°C e 1100°C, através de ciclo de queima rápida, com taxa de aquecimento de 10°C/min e isoterma de 60 minutos. Os ensaios tecnológicos realizados nas amostras foram os seguintes: absorção de água (AA%), retração linear (RL%), perda ao fogo (PF%), porosidade aparente (PA%) e massa específica aparente (MEA%).

**Palavras-chave:** Feldspatos; Revestimento cerâmico; Albita; Ortoclásio.

## COMPARATIVE STUDY OF THE INFLUENCE OF TWO TYPES OF FELDSPATES ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF POROUS CERAMIC COATINGS

### Abstract

Ceramic coatings are responsible for a significant portion of the turnover of the world ceramic industry. These materials are recent in the market, being created in the middle of century XX in Europe. The classification of these products is given by NBRs 13817 and 13818, having as main parameters, water absorption index (AA%) and flexural strength modulus (MRF). In this way, coatings are classified as porcelain, gres, semigres, semiporous and porous. The basic raw materials that make up the ceramic tiles are: clays, kaolin, quartz and feldspars. Among these materials, feldspars have essential technical properties for the performance of

\* Contribuição técnica ao 18º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, parte integrante da ABM Week, realizada de 02 a 04 de outubro de 2018, São Paulo, SP, Brasil.

ceramic materials, among which, to form glassy phase in products, reducing porosity and, of course, water absorption. These minerals consist of mixtures of potassium, calcium, sodium and lithium aluminum silicates, and may have other chemical compositions. Among the two main feldspar families are the orthoclase ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), formed by potassium and the albite ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), which has sodium in its formation. Therefore, the objective of this work is to study the influence of two types of feldspars on the technological properties of porous ceramic coatings, with feldspars of the albite and orthoclase type being chosen. Finally, to present a comparison between the main characteristics found in the specimens. Two coating formulations were developed, each composed with a distinct feldspar type, and ten (10) specimens were prepared for each formulation. The sintering of the samples was performed at temperatures of 1000°C and 1100°C, through a fast firing cycle, with a heating rate of 10°C/min and a 60 minute isotherm. The experimental results were: water absorption (AA%), linear retraction (RL%), fire loss (PF%), apparent porosity (PA%) and apparent specific mass (MEA%).

**Keywords:** Feldspar; Ceramic coating; Albite; orthoclase.

<sup>1</sup> Graduando em Geologia-UFRN, Estudante do Curso Técnico em Mineração no IFRN, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

<sup>2</sup> Estudante do Curso Técnico em Mineração, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

<sup>3</sup> Tecnólogo em Fabricação Mecânica, Doutor em Ciência e Engenharia dos Materiais - PPGCEMUFRN, Professor do IFBA - Campus Jacobina, Bahia, Brasil.

<sup>4</sup> Tecnólogo em Fabricação Mecânica, Doutor em Engenharia Mecânica - UFRN, Professor do IFBA - Campus Irecê, Cooperação Técnica no IFRN - Campus Central, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil..

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria cerâmica é destaque mundialmente pelo seu faturamento, gerando emprego, renda e desenvolvimento tecnológico. Esse setor industrial é dividido em subsetores, onde os produtos são organizados pela suas características técnicas e matérias primas básicas. Entre os principais subsetores da indústria ceramista, têm-se: cerâmica vermelha, cerâmica branca, refratários, fritas e esmaltes, vidros e revestimentos. O setor de revestimentos cerâmicos é destaque dentro da indústria ceramista por diversos fatores, especialmente pela diversificação das peças e tecnologia necessária para fabricação. Sendo um dos mais antigos subsetores da indústria ceramista, os revestimentos são originados em meados do século 19.

De acordo com a literatura técnica[1], os revestimentos cerâmicos são definidos como “uma placa cerâmica impermeável (isto é, sem nenhuma ou quase sem nenhuma porosidade aparente), esmaltado ou não, branco ou colorido por meio de adição de pigmentos na composição inicial”. Esses produtos cerâmicos são formados por três partes: suporte técnico, englobe e esmalte [2]. Outras características técnicas dos revestimentos é possuir baixa porosidade, impermeabilidade, superfície lustrosa e possibilidade de modificação do design das peças, especificamente da superfície esmaltada com facilidade.

O processo de fabricação desses produtos é apresentado na Figura 1. Dentro das etapas desse processo, encontra-se a sinterização. A evolução dessa etapa foi decisiva para a consolidação desses produtos no mercado internacional, especialmente pelo aumento da velocidade de fabricação.

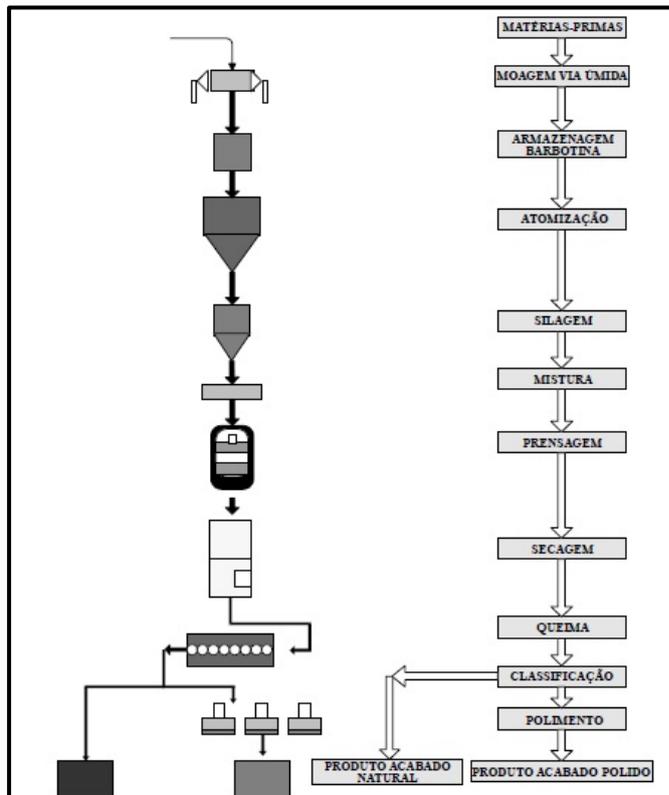


Figura 1. Processo de fabricação dos revestimentos [3].

Entre as matérias primas básicas para produção dos revestimentos, destacam-se as seguintes: quartzo, argilas, caulins, filitos e feldspatos. Os feldspatos, quando inseridos na massa cerâmica, possuem funções técnicas fundamentais para a

fabricação das peças. Por exemplo, o quartzo é responsável pela estrutura dos corpos cerâmicos. Além disso, os materiais que possuem plasticidade (argilas e caulins, por exemplo), são encarregados pela consolidação dos corpos de prova. Os feldspatos possuem, entre outras funções, a capacidade de formar as fases vítreas nos corpos cerâmicos, e dessa forma diminuir a porosidade do corpo de prova cerâmico.

De acordo com a literatura técnica [4], os feldspatos são formados por aluminossilicatos, possuem cor branca ou claros e boa clivagem. Esses minerais são divididos em dois grandes grupos, sendo: os feldspatos do tipo alcalino e os plagioclásios. Por exemplo, o feldspato do tipo albita é caracterizado como do tipo plagioclásio, enquanto o ortoclásio é do tipo alcalino. A escolha correta do feldspato para compor uma massa cerâmica para revestimento, dentre os diversos tipos que existem, deve ser baseada em aspectos técnicos, tendo como perspectiva à produção de peças com qualidade. Para tanto, são devem ser feitos testes de bancada para obtenção das principais informações sobre seu desempenho técnico das peças.

Dessa maneira, todas as informações sobre as características técnicas das matérias primas usadas na composição das massas cerâmicas, inclusive dos feldspatos, são cruciais para entender as propriedades finais das peças. As propriedades avaliadas na produção de peças cerâmicas porosas para revestimento, têm-se: absorção de água, porosidade, retração linear das peças, massa específica aparente e perda ao fogo.

Contudo, o objetivo deste trabalho é estudar a influência de dois tipos de feldspatos nas propriedades tecnológicas dos revestimentos cerâmicos do tipo poroso, tendo sido escolhidos os feldspatos do tipo albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) e ortoclásio ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ). E por fim, apresentar uma comparação entre as principais características encontradas nos corpos de prova.

## 2 METODOLOGIA

O procedimento experimental, usado para produção deste trabalho, está organizado em três etapas: escolha da matéria prima, consolidação dos corpos de prova e ensaios tecnológicos. Na Figura 2, encontra-se o fluxograma do trabalho.

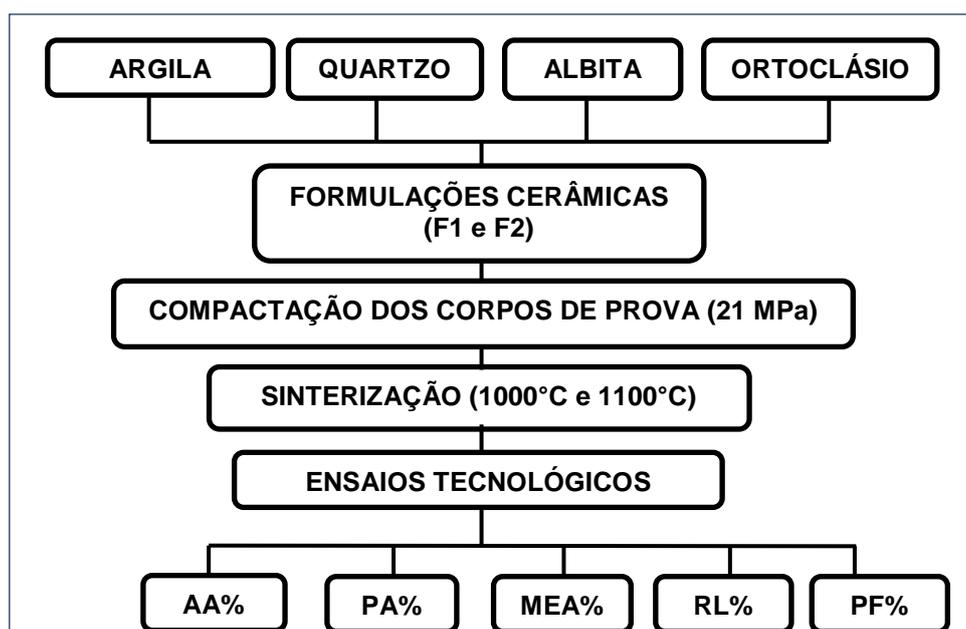


Figura 2. Fluxograma do Procedimento Experimental

Os minerais usados neste trabalho (quartzo e feldspatos), são oriundos da empresa ARMIL S/A, todos encontravam-se armazenados no laboratório de tratamentos de resíduos do IFRN. Os materiais encontravam-se com a granulometria de 200 mesh. A argila utilizada para compor a massa cerâmica é de queima branca, proveniente da cidade de São Gonçalo do Amarante, sendo encontrada *in nature*, e conseguinte passada pelo processo de cominuição manual em um almofariz. Logo após, a argila foi peneirada em uma peneira com abertura de 0,74 $\mu$ m, obtendo uma granulometria final de 200 mesh.

O primeiro passo para produção, o processo de compactação dos corpos de prova deu-se através de uma presa hidráulica com pressão de 21 MPa. Foram convencionados vinte (20) corpos de prova, sendo dez (10) para cada formulação. O processo de sinterização se deu em um forno do tipo Mufla, sem atmosfera protetora, com ciclo de queima rápida com taxa de aquecimento de 10°C/min e isoterma de 60 minutos, nas temperaturas de 1000°C e 1100°C. Na Tabela 1, encontra-se as formulações cerâmicas produzidas neste trabalho.

**Tabela 1.** Formulações Cerâmicas.

Nome	Quartzo (%)	Argila (%)	Albita (%)	Ortoclásio (%)
Formulação 1	20	50	30	-
Formulação 2	20	50	-	30

Fonte: Autores (2018).

As propriedades tecnológicas dos corpos de prova foram analisadas através dos seguintes ensaios: absorção de água (AA%), retração linear (RL%), porosidade aparente (PA%), massa específica aparente (MEA%) e perda ao fogo (PF%). O índice de absorção de água (AA%) nos corpos de prova, é calculado utilizando a equação (1), sendo:  $AA\% = (P_u - P_s / P_s) * 100$ , onde o  $P_u$  = peso úmido  $P_s$  = peso seco. A propriedade de retração Linear (RL%) dos corpos de prova foi calculada pela equação (2):  $RL\% = (L_0 - L_f) / L_0 * 100$ , onde  $L_0$  = largura inicial e o  $L_f$  = largura final. A análise de porosidade aparente (PA%) é analisado através da equação (3), sendo:  $PA\% = (M_u - M_s / M_u - M_i) * 100$ , para tanto,  $M_u$  = massa úmida,  $M_s$  = massa seca e  $M_i$  = massa imersa. O ensaio de massa específica aparente (MEA%), é dado pela equação (4), onde:  $MEA\% = (M_s / M_u - M_i) * 100$ , neste caso,  $M_s$  = massa seca e  $M_i$  = massa imersa. Por fim, o ensaio de perda ao fogo (PF%) é dado pela equação (5), sendo:  $PF\% = (P_v - P_s) / P_s * 100$ , onde  $P_v$  = peso não sinterizado e o  $P_s$  = peso sinterizado.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado dos ensaios tecnológicos, realizados nos corpos de prova, encontram-se nas Tabelas 1 e 2. Em relação as propriedades tecnológicas de absorção de água (AA%) e porosidade aparente (PA%), percebe-se que a formulação 1 (F1), possui os maiores índices de porosidade nas duas temperaturas de sinterização, tendo como consequência, o aumento proporcional na absorção de água, fazendo um contraponto a F2. O resultado apresentado é coerente com a literatura técnica, pois os materiais tendem a diminuir a quantidade de poros, quando se aumenta a temperatura [4] [5] [6]. Além disso, pode-se concluir que a formulação composta com albita (F1), possui maior propensão na formação de poros. É

observado, também, que entre as duas temperaturas de sinterização dos corpos de prova, na F1 houve uma redução da absorção de água em torno de 6,25%. Por outro lado, na F2 (com ortoclásio na formulação) o índice de AA% diminuiu 1,47% entre as duas temperaturas.

**Tabela 1.** Resultados dos Ensaios Tecnológicos da Formulação F2

Nome	AA%	PA%	PF%	RL%	MEA%
1000°C	28,18±1,08	31,94±1,87	7,67±0,08	0,39±0,08	1,13±0,05
1100°C	21,93±0,87	27,43±0,71	4,84±0,05	1,93±0,20	1,25±0,04

Fonte: Autores (2018).

Outra propriedade tecnológica que apresentou uma discordância entre as duas formulações foi a perda ao fogo (PF%). Nota-se que, ambas as formulações, na temperatura de 1000°C, apresentaram valores aproximados dessa propriedade. Por outro lado, na temperatura de 1100°C, a formulação F1 teve uma redução de 2,83% na PF dos corpos de prova. Esse resultado não é usual durante a fabricação dos produtos cerâmicos, pois os corpos de prova perdem substâncias normalmente ao serem submetidas ao aquecimento. Todavia, esse dado torna-se importante para compreensão dos produtos finais, principalmente porque toda redução de massa após o processo de sinterização, apesar de ser mínima, deve ser observada durante o planejamento da produção. Na formulação F2, os corpos de prova tiveram um aumento de perda de massa durante o processo de sinterização. Esse resultado é coerente e encontra-se dentro dos parâmetros de menos de 10% de perda de massa.

**Tabela 2.** Resultados dos Ensaios Tecnológicos da Formulação F2

Nome	AA%	PA%	PF%	RL%	MEA%
1000°C	21,94±0,96	27,97±1,11	7,53±0,09	-0,02±0,15	1,28±0,05
1100°C	20,47±0,56	24,02±0,94	8,04±0,08	3,89±0,14	1,17±0,04

Fonte: Autores (2018).

O resultado da retração linear (RL%) dos corpos de prova apresentam diferenças consideráveis entre os dois tipos de feldspatos usados na fabricação. A formulação F1, com albita, na temperatura de 1000°C teve uma retração de 0,39%, ao aumentar a temperatura de sinterização para 1100°C, os corpos de prova retraíram 1,93%. Por outro lado, a formulação F2 (com feldspato do tipo ortoclásio na composição) apresentou uma expansão térmica na temperatura de 1000°C. Esse fenômeno não é comum nos produtos cerâmicos e considerado indesejado, já que no processo produtivo pode ocasionar em problemas nas peças. A expansão linear nos corpos de prova cerâmicos, provavelmente, foi ocasionada pela reorganização das partículas durante a sinterização. Outro fator seria a formação e transformação de fases mineralógicas durante essa etapa de produção. Todavia, seria necessário o ensaio de difração de raios-X (DRX) para comprovar tais afirmações. Na temperatura de 1100°C, os corpos de prova possuem uma retração linear de 3,89%, retornando ao comportamento técnico encontrado na literatura acadêmica [5] [6] [7], esse índice é superior ao obtido na F1.

A massa específica aparente (MEA) nos corpos de prova da formulação F1, apresentaram comportamento técnico coerente ao encontrado na literatura técnica, pois o aumento da MEA foi proporcional a elevação da temperatura de sinterização.

A formulação F2, teve o uma diminuição da MEA na temperatura mais alta, apresentando um resultado atípico.

Como já foi dito, a utilização do feldspato adequado na massa cerâmica está intrinsecamente ligado ao comportamento técnico final das peças. Neste trabalho, as amostras com albita na formulação apresentaram uma maior formação de porosidade, o que vai influenciar nas propriedades finais das peças. Conseqüente, as demais propriedades analisadas tiveram comportamento adequados para esses tipos de materiais. Quanto aos resultados da formulação F2, observou-se que os corpos de prova tiveram uma menor porosidade e absorção, porém as outras propriedades estudadas não são condizentes com o comportamento técnico dos materiais cerâmicos encontrados na literatura acadêmica.

#### 4 CONCLUSÃO

A produção de peças cerâmicas para revestimento com os feldspatos estudados, albita e ortoclásio, é viável tecnicamente para fabricação de peças porosas (acima de 10% de absorção). Os corpos de prova com albita, apresentam mais porosidade e absorção de água. Por outro lado, suas demais propriedades são adequadas. A formulação F2, com ortoclásio, mostrou-se com menos porosidade do que a F1. Suas demais propriedades tecnológicas, apresentaram variações, que em alguns casos não são propicias para fabricação de peças cerâmicas, por exemplo, a retração linear. Contudo, o objetivo deste trabalho foi atendido. Todavia seria necessária uma análise morfológica e das fases presentes nas composições para melhor explicar os motivos do desempenho técnico.

#### REFERÊNCIAS

- 1 - SÁNCHEZ, Enrique. **Considerações Técnicas sobre Produtos de Revestimento Porcelânico e seus Processos de Manufatura. Parte I.** Revista Cerâmica Industrial, São Paulo, v. 2, n. 8, p.7-16, mar/abr. 2003.
- 2 -BÓ, M. dal et al. **Efeito das propriedades dos esmaltes e engobes sobre a curvatura de revestimentos cerâmicos.** Revista Cerâmica, São Paulo, v. 58, n. 345, p.118-125, jan/mar. 2012.
- 3 - HECK, Clarice. **Grés Porcelanato.** Revista Cerâmica Industrial, São Paulo, v. 1, n. 4/5, p.21-24, set/dez. 1996.
- 4 - LIRA, L. H; NEVES, G. A. **Feldspatos: conceitos, estrutura cristalina, propriedades físicas, origem e ocorrências, aplicações, reservas e produção.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos - REMAP, Campina Grande, v. 8, n. 3, p.110-117, nov. 2013.
- 5 - SOUZA, Marcondes Mendes de. **Estudo da adição de resíduos de quartzitos para obtenção de grés porcelanato.** 2015. 111 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.
- 6 - SOUSA, João Batista Monteiro de. **Aproveitamento De Resíduos De Caulim E Granito Na Formulação De Massas Cerâmicas Para Fabricação De Grés Porcelanato.** 2014. 121 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.
- 7 - MACHADO, Tércio Graciano. **Estudo da adição de resíduos de sheelita em matriz cerâmica: formulação, propriedades físicas e microestrutura.** 2012. 144

f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.