

Estudo do Efeito do Feldspato e Resíduo de Caulim na Produção de Revestimento Cerâmico

R. J. S. Castro^{a*}, R. A. L. Soares^b, R. M. Nascimento^c, E. C. Bison^d

^a Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, Florianópolis, SC, Brasil

^b Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, Teresina, PI, Brasil

^c Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PPgCEM, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, RN, Brasil

^d Superintendência de Desenvolvimento Regional – SDR/NTE/PALMITOS/SC, Palmitos, SC, Brasil

*e-mail: raimundo.castro@ifsc.edu.br

Resumo

Este trabalho tem por objetivo verificar o efeito da adição de feldspato e resíduo de caulim em uma formulação cerâmica ideal para produção de revestimento cerâmico. Todas as matérias-primas foram moídas a seco e analisadas do ponto de vista granulométrico, químico e mineralógico. Os corpos de prova foram confeccionados por prensagem uniaxial em matriz retangular de aço (60,0 x 20,0 x 5,0) mm³ a (25 MPa), queimados em três temperaturas: 1080 °C, 1120 °C, 1160 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C/min em forno elétrico. Em seguida foram analisadas as seguintes propriedades tecnológicas: retração linear de queima, absorção de água, tensão de ruptura a flexão, e, por último, analisados microestruturalmente por microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram que houve redução na temperatura de queima e na absorção de água aumentando consequentemente a resistência mecânica.

Palavras-chaves: revestimento cerâmico, resíduo de caulim, ortoclásio, ilita, moscovita, caulinita.

1. Introdução

A produção industrial de revestimento cerâmico no Brasil teve início no começo do século XX. As indústrias de revestimento cerâmico surgiram a partir das antigas fábricas de tijolos, blocos e telhas de cerâmica vermelha, produzindo inicialmente ladrilhos hidráulicos e mais tarde azulejos e pastilhas cerâmicas e de vidro¹.

Já na segunda metade da década de 60, com a criação do Sistema Financeiro da Habitação (SFH) e do Banco Nacional da Habitação (BNH), houve um despertar das indústrias nacionais de materiais e componentes para construção civil em virtude da mudança de escala de produção para habitação no país. Mas, somente no início dos anos 70, é que a produção atingiu uma demanda continuada, fazendo com que a indústria cerâmica ampliasse significativamente a sua produção, com o surgimento de novas empresas¹.

Hoje as indústrias de revestimento têm sua maior concentração em São Paulo e Santa Catarina e estão em expansão na região Nordeste do país. É um segmento produtivo de capital essencialmente nacional e também um grande gerador de empregos, com mais de 25 mil postos de trabalho diretos e em torno de 200 mil indiretos ao longo de sua cadeia produtiva. Os fabricantes brasileiros estão alinhados com a melhor tecnologia disponível no mundo e a quase totalidade de sua produção está em conformidade com as normas internacionais de qualidade².

O desenvolvimento industrial ao longo das últimas décadas tem gerado grandes quantidades de resíduos tóxicos, como, por exemplo, cinzas volantes de usinas termelétricas, escória metalúrgica, materiais que contêm

amianto e argila de diferentes origens. A contaminação do solo por produtos químicos e metais pesados, como Pb, Cr, Zn, Cu, Cd e Hg, é, muitas vezes, um outro grave problema ambiental³.

Os regulamentos sobre resíduos sólidos estão se tornando cada vez mais exigentes, portanto a deposição em aterros com elevado teor de matéria orgânica e substâncias tóxicas está cada vez mais rigorosa nos países europeus⁴.

Uma das maiores preocupações nos países desenvolvidos, tanto do ponto de vista ambiental e econômico, é o tratamento de quantidades crescentes de resíduos, quer de origem industrial ou urbana. Portanto, existe uma crescente busca por metodologias de valorização e reciclagem desses resíduos, que devem ser economicamente viáveis e de extrema importância, a fim de contribuir para um desenvolvimento sustentável. Este fato também é suportado por vários fatores, tais como a escassez de fontes de matérias-primas, a falta de espaço disponível para a eliminação de aterros de resíduos e os elevados custos de deposição em aterro^{5,6}.

Cada vez mais o setor cerâmico tem sido utilizado com o objetivo de dar destino aos mais diversos tipos de resíduos, por vários fatores, tais como: redução do impacto ambiental provocado, redução dos custos produtivos ao serem incorporados nos produtos, redução do uso das matérias-primas e busca da melhoria da qualidade técnica⁷.

O resíduo da produção de caulim é classificado como não perigoso, não inerte, classe IIA, conforme a normatização brasileira⁸.

Embora não seja um produto tóxico, o resíduo de caulim pode trazer problemas à saúde provocados pela inalação do pó fino, sem contar a mudança do aspecto natural do meio ambiente⁹.

Muitos trabalhos já foram realizados com o intuito de tornar o resíduo de caulim uma matéria-prima alternativa na indústria cerâmica, principalmente para a produção de corpos cerâmicos porosos e revestimentos com baixos teores de óxidos corantes. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo principal de estudar o efeito da adição de feldspato e resíduo de caulim em uma formulação de argilas predominantemente ílitica ideal para produção de revestimento semi-poroso, explorando as características argilosas do resíduo e as fundentes do feldspato, sendo usada a moagem a seco.

2. Material e Métodos

As matérias-primas (massa básica, feldspato e o resíduo de caulim) foram inicialmente submetidas a um processo de secagem, realizado em estufa elétrica a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por um período de 24h. Após essa secagem o feldspato e o resíduo de caulim foram submetidos à moagem a seco por moinho de bolas por 1h em rotação de 210rpm e, em seguida, passados na peneira ABNT N°200. A massa básica foi colhida em um dos silos da indústria e passou por completo na peneira ABNT N°40. As matérias-primas foram analisadas do ponto de vista granulométrico, através da classificação de partículas por difração a laser, utilizando-se um granulômetro modelo 920L do fabricante CILAS, auxiliado com o programa The Particle Expert e, como meio dispersante, utilizou-se água.

Em seguida, as matérias-primas foram separadamente acondicionadas em recipientes plásticos codificados para o início da formulação e posterior caracterização. Para analisar a mineralogia das matérias-primas, ensaios de DRX foram realizados. O equipamento utilizado foi um difratômetro da marca SHIMADZU, modelo XDR 6000, utilizando radiação Cu K α e ângulo de varredura 2 θ , variando de 5° a 80°. As fases presentes nas amostras de cada matéria-prima foram analisadas com o auxílio do software XPert HighScore, da Philips. A composição química das matérias-primas foi determinada por Fluorescência de Raios X por energia dispersiva (FRX), utilizando-se o equipamento espectrômetro da marca Shimadzu, modelo EDX-720.

As matérias-primas, após moagem e secagem, como já citadas, foram pesadas em balança analítica com sensibilidade de 0,01g, dosadas e homogeneizadas. O processo deu origem a cinco formulações com as seguintes codificações: FR2, FR4, FR8, FR16 e FR32, com os seus respectivos percentuais mássicos mostrados na Tabela 1.

As formulações foram umidificadas com 10% de água e em seguida granuladas em uma peneira ABNT N°40. Após foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente codificados, transcorridos 24h de descanso das formulações o pó granulado foi separado em porções de 14g sendo confeccionados 5 réplicas, de cada formulação com as dimensões de (60,0 x 20,0 x 5,0) mm³, por prensagem

uniaxial sob uma pressão de 25MPa, utilizado-se uma prensa hidráulica Schulz modelo PHS. Os corpos-de-prova obtidos foram submetidos à secagem em estufa elétrica a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por um período de 24h e, posteriormente, queimados em um forno elétrico JUNG modelo 2314, nas temperaturas de 1080 °C, 1120 °C e 1160 °C, com taxa de aquecimento fixada em 10 °C/min até a temperatura final e o tempo de patamar foi fixado em 10 min. Os corpos-de-prova queimados foram avaliados em suas propriedades tecnológicas de Retração Linear de queima (RL), Absorção de Água (AA) e Tensão de Ruptura à Flexão em três pontos (TRF). A análise microestrutural foi realizada através da avaliação da textura do material por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) a modelo SSX-550, acoplado um Espectrômetro de Energia Dispersiva de Raios X, com o objetivo da realização da análise química quase que pontual.

3. Resultados e Discussão

3.1. Análise mineralógica por Difração de Raios X (DRX)

As Figuras 1 a 3 a seguir apresentam os difratogramas de raios X das matérias-primas utilizadas. O difratograma apresentado na Figura 1 permite constatar que a massa básica é constituída por quatro fases cristalinas, sendo elas: o ortoclásio (K₂O.Al₂O₃.6SiO₂), que é um excelente formador de fase vítrea em temperaturas acima de 1100 °C; a hematita (Fe₂O₃), que é uma fase proveniente do óxido de ferro, mineral este que, quando reduzido na presença de carbono, torna-se responsável pela coloração escura e por

Tabela 1. Composição de cada formulação em função das matérias-primas.

Formulações	Percentual mássico		
	Massa básica	Feldspato	Resíduo de caulim
MB	100%	0%	0%
FR2	98%	1%	1%
FR4	96%	2%	2%
FR8	92%	4%	4%
FR16	84%	8%	8%
FR32	68%	16%	16%

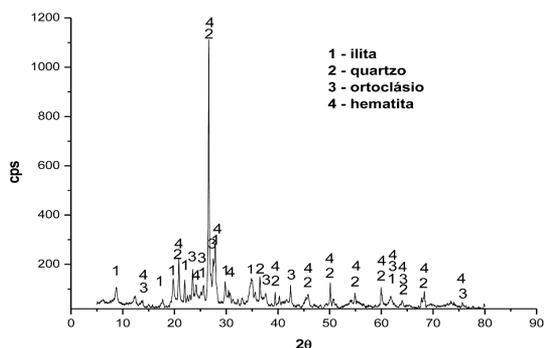


Figura 1. Difratograma de raios X da massa básica.

forte desprendimento de monóxido de carbono, podendo ocasionar a expansão do corpo cerâmico. A presença de impurezas como a hematita em argilas é comum¹⁰. O quartzo (SiO_2), que é um redutor de plasticidade e auxilia na retração de secagem e queima, já que se comporta como um esqueleto no momento da formação de fase líquida; e uma última fase, a ilita $[(\text{K}, \text{H}_3\text{O})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{Al}_{10}(\text{OH})_2]$, que é uma fase não acessória na massa, responsável em parte pela melhoria da plasticidade.

O difratograma do feldspato apresentado na Figura 2 possibilitou identificar como constituintes as seguintes fases cristalinas: ortoclásio ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$), como fase majoritária, cuja principal função em massa cerâmica é aumentar a densificação do corpo aumentando a resistência mecânica e diminuir a porosidade após a queima; e o quartzo (SiO_2), que é um mineral acessório presente no feldspato.

O difratograma do resíduo de caulim, apresentado na Figura 3, possibilitou identificar quatro fases cristalinas: o quartzo (SiO_2); a moscovita $[\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2]$, que atua como um fundente em temperaturas mais elevadas; o ortoclásio ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$); e a caulinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que é um excelente formador de estrutura em uma ampla faixa de temperatura de queima. A presença destas três últimas fases se deve ao processo de formação da caulinita, quer por intemperismo quer por ação hidrotermal da transformação do feldspato em caulinita, quando ele deve passar por uma forma intermediária que é a mica moscovita.

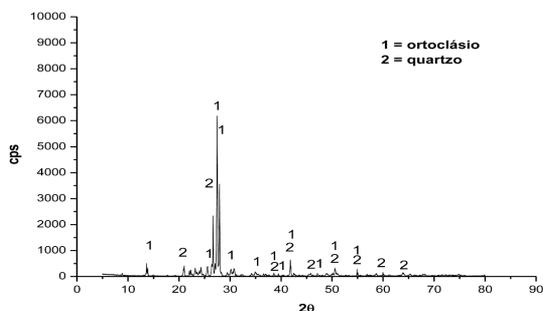


Figura 2. Difratograma de raios X do feldspato.

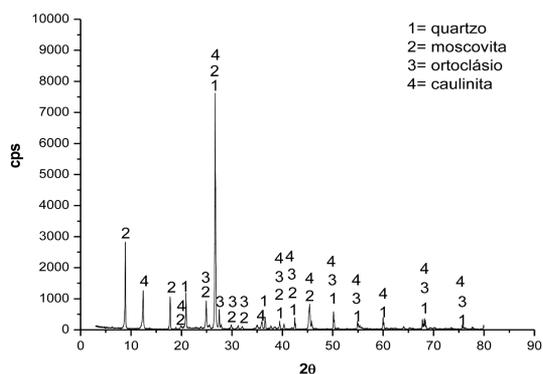


Figura 3. Difratograma de raios X do resíduo de caulim.

3.2. Análise química por Fluorescência de Raios X (FRX)

Conforme observado na Tabela 2 a massa básica apresenta elevado teor de óxido de silício SiO_2 (48,5%), que se deve à presença de quartzo SiO_2 , além da ilita $[(\text{K}, \text{H}_3\text{O})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{Al}_{10}(\text{OH})_2]$ e outros minerais argilosos e não argilosos que possuem o silício na sua composição química, verificados na análise mineralógica, bem como um baixo teor de alumina Al_2O_3 (23,8%), se comparado ao valor teórico da caulinita, que é 39,5% de Al_2O_3 . A razão silício/alumina é de 2,0 o que pode evidenciar a presença de sílica livre, pois quanto menor esta razão maior o teor de argilominerais o que evidenciará maior plasticidade. Há elevado teor de óxido de potássio K_2O (6,1%), podendo este estar presente na argila, fazendo parte do ortoclásio ou fazendo parte da estrutura cristalina de argilominerais da ilita, ambos identificados pela análise mineralógica. Os teores de óxidos alcalinos terrosos (CaO e MgO) são baixos e estão geralmente associados à presença de minerais como CaCO_3 (calcita) e $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (dolomita) não presentes na massa básica. Já o óxido de ferro Fe_2O_3 (9,7%), que está presente na forma de hematita, identificado na análise mineralógica e que também deve estar substituindo parcialmente o alumínio na rede cristalina dos argilominerais, atua como redutor da refratariedade, formador de fase vítrea e dá ao corpo cerâmico uma cor vermelha quando o teor for acima de 2%.

O feldspato possui elevado teor de óxido de silício SiO_2 (61,9%) e um teor de alumina Al_2O_3 de 23,2%, apresentando uma razão silício/alumina de 2,6, que é 33% maior que a massa básica. Apresenta, ainda um elevado teor de óxido de potássio K_2O (13,0%), sendo este um óxido alcalino fundente presente principalmente no ortoclásio, e um baixo teor de óxido de ferro Fe_2O_3 (0,1%), que é comum em feldspato. O resíduo de caulim possui um teor elevado de óxido de silício SiO_2 (59,9%) e de alumina Al_2O_3 (30,0%), apresentando uma razão silício/alumina de 1,99, valor este bem próximo da massa básica.

Outro ponto observado é o considerável teor de óxido de potássio K_2O (4,2%). Este óxido se deve à presença de

Tabela 2. Composição química das matérias-primas.

Óxidos presentes	Massa básica (%)	Feldspato (%)	Resíduo de caulim (%)
SiO_2	48,5	61,9	59,9
Al_2O_3	23,8	23,2	30,0
K_2O	6,1	13,0	4,2
Fe_2O_3	9,7	0,1	0,9
MgO	1,9	0,0	0,0
CaO	0,4	0,1	0,0
TiO_2	0,8	0,0	0,0
Outros*	8,8	1,6	1,0
PF	6,6	0,0	3,9
Total	100%	100%	100%

*Óxidos não detectados por limitação do método ou não significativos as propriedades cerâmicas.

ortoclásio, e, também, devido ao teor elevado de alumina e ao baixo teor de óxido de Fe_2O_3 (0,9%).

3.3. Análise granulométrica por difração a laser

O que se verifica, conforme Figuras 4, 5 e 6, respectivamente, é que a massa básica apresenta uma granulometria menor que a do resíduo que por sua vez é menor que a do feldspato. Esta baixa granulometria se deve em parte, à presença de ilita verificada na análise mineralógica, que, em geral, possui esta característica, o fato de a massa básica apresentar baixa granulometria é do ponto de vista tecnológico bastante favorável, pois quanto menor a granulometria de uma massa, mais rápidas ocorrem as reações de sinterização, podendo diminuir tanto o tempo quanto a temperatura de sinterização, proporcionando

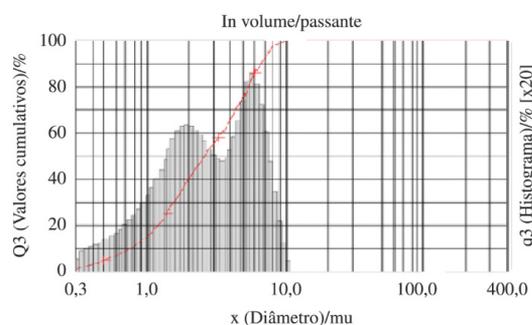


Figura 4. Curva de distribuição acumulada de partículas da massa básica.

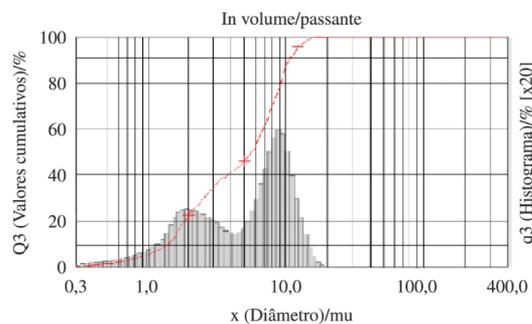


Figura 5. Curva de distribuição acumulada de partículas do feldspato.

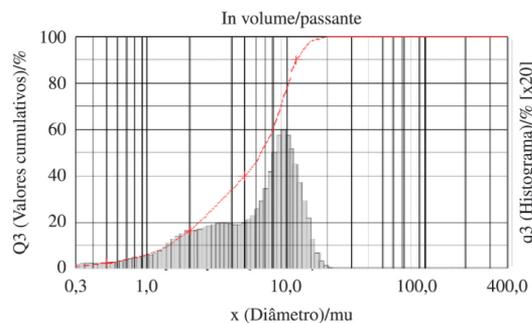


Figura 6. Curva de distribuição acumulada de partículas do resíduo de caulim.

menores custos, aumentando a produtividade, melhorando a plasticidade da massa e aumentando a resistência mecânica dos corpos a verde. Já o comportamento granulométrico do resíduo de caulim e do feldspato podem favorecer um melhor empacotamento dos grãos que irá reduzir a retração de secagem, minimizando os efeitos deletérios produzidos durante a secagem¹¹.

3.4. Análise das propriedades tecnológicas

Verifica-se, conforme a Figura 7, é que os corpos com os mesmos teores de feldspato e resíduo tiveram um aumento na retração até a temperatura de 1120 °C. Já à temperatura de 1160 °C, a retração reduziu, o que se deve às reações de redução que ocorreram durante o processo de sinterização, principalmente por se tratar de uma formulação com alto teor de óxido de ferro, que provoca aumento do volume do corpo-de-prova sinterizado. Observa-se, ainda, que na mesma faixa de temperatura há uma redução na retração dentro do erro estatístico, progressivamente, à proporção que se aumenta o teor de feldspato e resíduo de caulim, isto está relacionado à redução dos teores de materiais com menor granulometria que ocorre quando se aumenta o teor de feldspato e resíduo de caulim conforme a granulometria mostrada.

Observa-se, conforme a Figura 8, que com o aumento da temperatura, dentro dos mesmos teores, os corpos apresentam redução de absorção de água e, à medida que se aumenta o teor de feldspato e resíduo de caulim, dentro da mesma faixa de temperatura, a absorção de água aumenta, tendo como parâmetros a ISO 13006:1998¹² e a NBR 13818:1997¹³. Todas as formulações, dentro do erro estatístico, apresentaram absorção inferior a 10%, já que a massa básica utilizada é própria para produção de semi-poroso, e que em todas as temperaturas, dentro do erro estatístico, os corpos-de-prova produzidos a partir das formulações com até 8% de feldspato e resíduo de caulim apresentaram menor absorção de água que os produzidos a partir da massa básica. Observa-se que os corpos produzidos com teores de até 16%, à temperatura de 1120 °C,

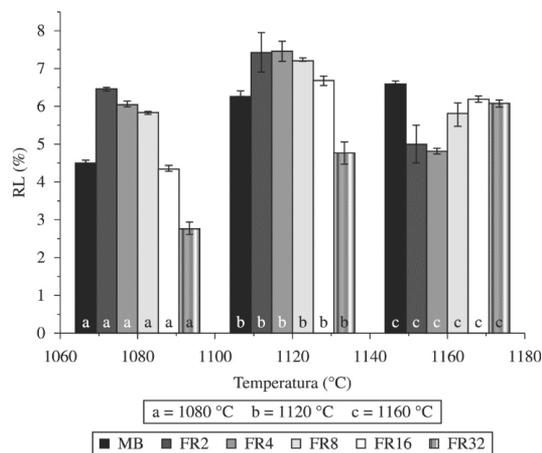


Figura 7. Retração linear de queima.

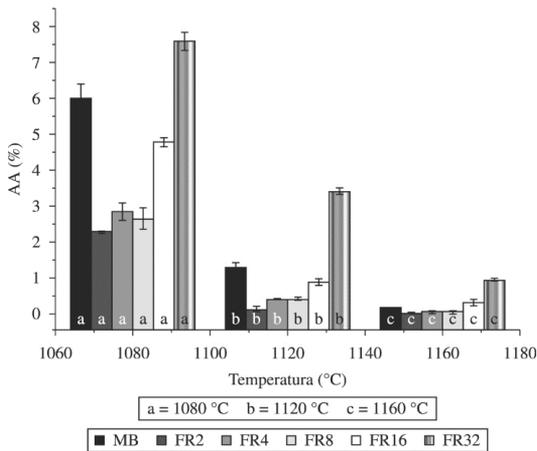


Figura 8. Absorção de água.

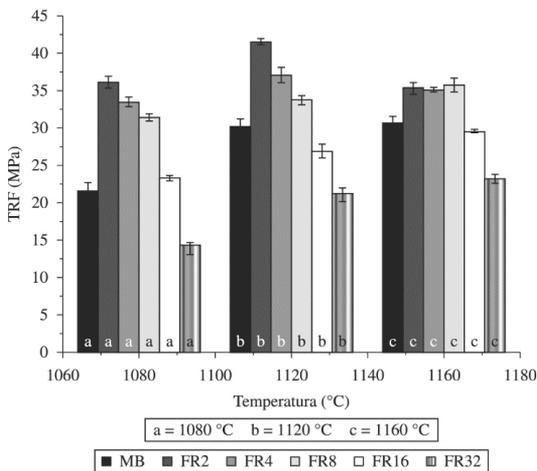


Figura 9. Tensão de ruptura a flexão.

a absorção de água foi inferior aos corpos-de-prova preparados a partir da massa básica. Já na temperatura de 1160 °C, todas as formulações apresentaram os menores valores para absorção de água. Isto se deve à decomposição da caulinita presente no resíduo de caulim, que gera partículas muito reativas em presença de feldspato potássico e mica moscovita, elevando a sinterabilidade e sendo responsáveis por uma grande formação de fase líquida.

Constata-se, conforme a Figura 9, que para as formulações, à medida que se aumenta a temperatura dentro dos mesmos teores de feldspato e resíduo de caulim a tensão de ruptura aumenta, isto se deve à redução da porosidade aberta, devido ao aumento da sinterização, selando-a e diminuindo a penetração da água no material cerâmico e, com isso, densificando o corpo, ocasionando um aumento na resistência mecânica, e à medida que se aumenta o teor de feldspato e resíduo de caulim, dentro da mesma faixa de temperatura, a tensão de ruptura diminui, este fato se deve a possíveis problemas de empacotamento do material. Observando-se também, que, para todas as temperaturas, as formulações com até 8% de feldspato e resíduo, dentro do erro estatístico, tiveram a tensão de ruptura superior aos corpos-de-prova produzidos a partir da massa básica.

3.5. Análise microestrutural por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Observa-se na Figura 10, que comparando as micrografias da massa básica a 1160 °C e da formulação FR2 a 1120 °C, ampliadas a 300 vezes, nessa última temperatura o corpo apresentou poros de menor tamanho e formatos mais circulares o que evidencia melhor sinterização que o corpo a 1160 °C, o que corrobora com a melhoria dos resultados nas propriedades tecnológicas. Este comportamento pode estar associado a uma proporção ideal de materiais fundentes oriundos da mica moscovita presente no resíduo de caulim e do

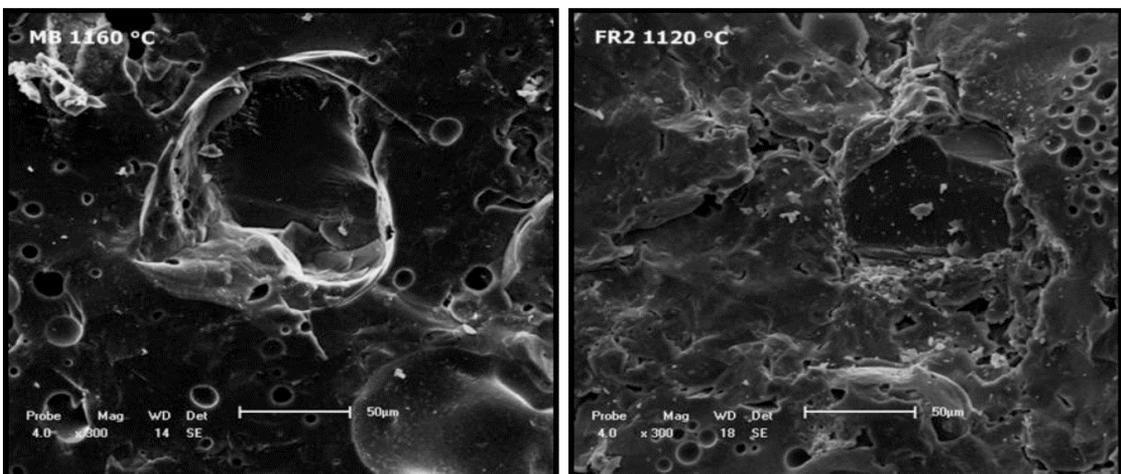


Figura 10. Micrografias comparativas das superfícies dos corpos-de-prova preparados a partir da massa básica e da formulação FR2 respectivamente

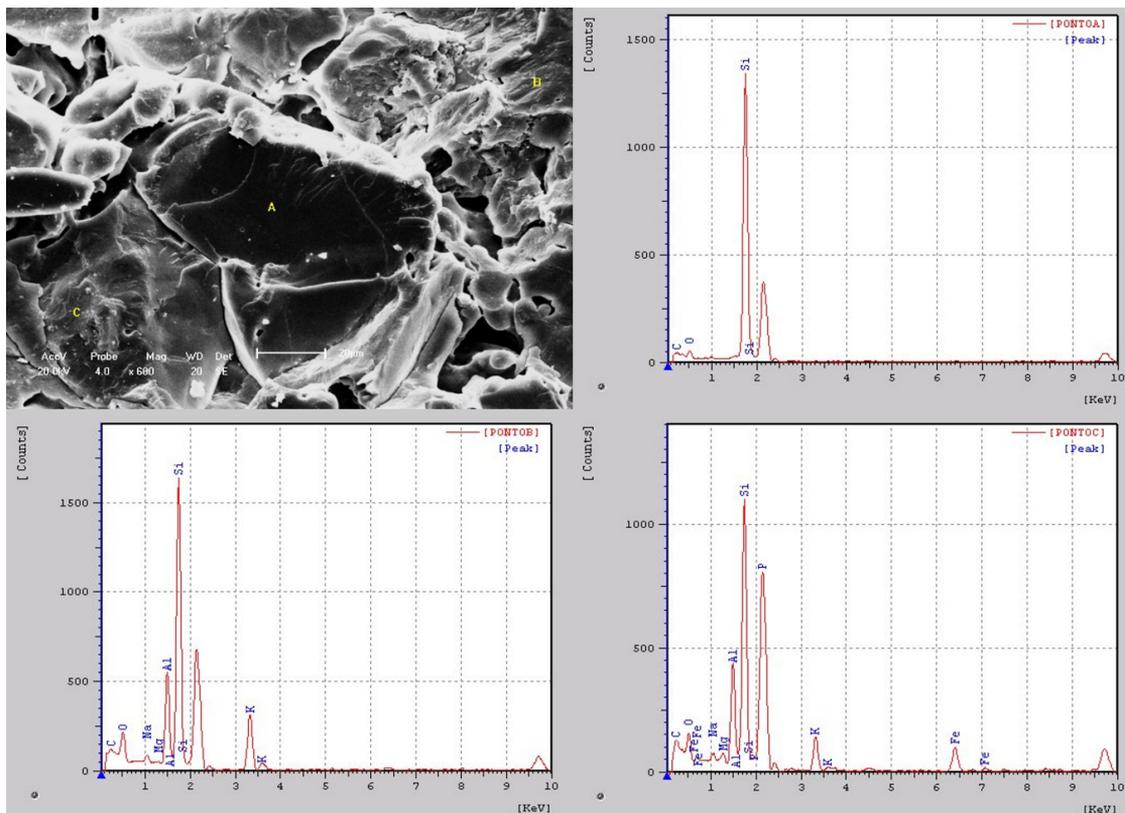


Figura 11. Micrografia obtida por MEV do corpo-de-prova produzido a partir formulação FR2 ampliada 600 vezes e respectivos EDS nos pontos em destaque.

feldspato, gerando uma sinterização em temperatura mais baixa e formando um corpo mais denso, o que fortemente evidencia maior sinterização.

A Figura 11 apresenta a análise microestrutural do corpo de prova confeccionado a partir da formulação FR2 ampliado 600 vezes, realizada EDS nos pontos em destaque, o que se observa no ponto A, é que sua constituição é predominantemente de silício proveniente do quartzo, que não se dissociou completamente na etapa de sinterização. Já no ponto B, sua constituição é majoritariamente de silício, potássio e alumínio, o que pode evidenciar fase vítrea. O que o ponto C se diferencia dos demais pontos é a presença de óxido de ferro confirmado na análise mineralógica da massa básica e farta presença de silício e alumínio, com sinais de presença de magnésio e sódio, que pode estar associada à formação do espinélio silício-alumínio, o que corrobora com a melhoria nas propriedades tecnológicas.

4. Conclusões

Com base nos resultados encontrados neste trabalho obtemos as seguintes conclusões

- O consórcio feldspato e resíduo de caulim interferiu na estabilidade dimensional dos corpos;

- Os melhores resultados para absorção de água e resistência mecânica foram encontrados para os corpos produzidos com até 8% de feldspato e resíduo de caulim;
- Os corpos produzidos com 2% de feldspato e resíduo apresentaram os melhores resultados nas propriedades tecnológicas, em particular na temperatura de 1120°C;
- É possível a produção de revestimento com propriedades que excedam as exigências da norma através da adição de feldspato e resíduo de caulim.

Referencias

1. BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. Cerâmica para revestimentos. **BNDES Setorial**, n. 10, p. 201-252, set. 1999.
2. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTOS, LOUÇAS SANITÁRIAS E CONGÊNERES – ANFACER. **Dados estatísticos das indústrias brasileiras**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.anfacer.org.br>> Acesso em: fev. 2015.
3. COLOMBO, P. et al. Inertization and reuse of waste materials by vitrification and fabrication of glass-based products.

- Current Opinion in Solid State and Materials Science**, v. 7, n. 3, p. 225-239, 2003. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cossms.2003.08.002>.
4. BASEGIO, T. et al. Environmental and technical aspects of the utilisation of tannery sludge as a raw material for clay products. *Journal of the European Ceramic Society*, v. 22, n. 13, p. 2251-2259, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0955-2219\(02\)00024-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0955-2219(02)00024-9).
 5. JORDAN, M. et al. Kraft mill residues effects on Monterey pine growth and soil microbial activity. *Journal of Environmental Quality*, v. 31, n. 3, p. 1004-1009, 2002. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2002.1004>. PMID:12026067.
 6. TRAVAR, I. et al. Assessing the environmental impact of ashes used in a landfill cover construction. *Waste Management*, v. 29, n. 4, p. 1336-1346, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2008.09.009>. PMID:19081235.
 7. PIAUÍ. Secretaria da Fazenda – SEFAZ-PI. **Núcleo de informações fazendárias**. Disponível em: <<http://www.sefaz.pi.gov.br>>. Acesso em: 15 set. 2008.
 8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10004:2004**: Resíduos sólidos– classificação. Rio de Janeiro, 2004.
 9. VARELA, M. L. N. M. **Aproveitamento de resíduo de beneficiamento do caulim na produção de porcelanato cerâmico**. 2007. 153 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
 10. LEITE, S. Q. M.; COLODETE, C.H.A.; DIEGUEZ, L. C. Extração de ferro de esmectita brasileira com emprego do método ditonito-citrato-bicarbonato. *Química Nova*, v. 23, n. 3, p. 297-302, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-4042200000030000>.
 11. JORDÃO, M. A. P. *Curso internacional de treinamento, em grupo em tecnologia cerâmica. Cerâmica Branca*. São Paulo: IPT/JICA, 1995.
 12. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 13006:1998**: Ceramic tiles — Definitions, classification, characteristics and marking. Geneva, 1998.
 13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13818:1997**: Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.