



Tema: Materiais cerâmicos, compósitos e poliméricos

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO DE MÁRMORE NA PRODUÇÃO DE GRÊS PORCELANATO*

*Elione Moura Carlos¹
Raimison Bezerra de Assis²
Renata Ferreira de Sousa¹
Tatiane Potiguara Oliveira¹
José Ubiragi de Lima Mendes¹*

Resumo

O objetivo principal deste trabalho foi incorporar o resíduo de mármore no desenvolvimento de formulações de massas cerâmicas para obtenção de grês porcelanato. Foram preparadas quatro formulações da massa cerâmica variando-se as proporções de caulim, talco, feldspato, argila de queima clara e do resíduo de mármore nas misturas. Essas matérias-primas foram peneiradas na malha 200 mesh e as porcentagens para cada formulação foi misturada em moinho de bolas por 30 min. Os corpos de prova foram preparados em uma prensa uniaxial com pressão de 25 MPa e sinterizados em forno convencional nas temperaturas de 800°C, 900°C e 1.000°C, com patamar de 60 minutos e taxa de aquecimento de 10°C por minuto, verificando as propriedades das peças. Para obtenção de resultados foram realizados ensaios de absorção de água, retração linear nas peças sinterizadas, massa específica aparente e porosidade aparente, com o propósito de avaliar a variação de retração linear em determinada temperatura de acordo com a porcentagem de absorção de água. Foram realizados também os ensaios de flexão e microscopia eletrônica de varredura - (MEV). As composições estudadas apresentaram resultados satisfatórios dentro dos valores aceitáveis para o devido uso na indústria cerâmica.

Palavras-chave: Grês; Propriedades; Cerâmica; Mármore.

EVALUATION OF THE POTENTIAL OF INCORPORATION OF WASTE IN MARBLE THE PRODUCTION OF PORCELAIN STONEWARE

Abstract

The main objective of this study was to incorporate the residue of marble in the development of formulations for obtaining ceramic bodies of porcelain stoneware tiles. Four formulations of the ceramic mass were prepared by varying the proportions of kaolin, talcum, feldspar, clay and firing in a clear marble of the residue in mixtures. These raw materials were sieved to 200 mesh mesh and percentages for each formulation was mixed in a ball mill for 30 minutes. The specimens were prepared in a uniaxial press with a pressure of 25 MPa and sintered in a conventional oven at temperatures of 800°C, 900°C and 1,000°C, with a threshold of 60 minutes and a heating rate of 10°C per minute, checking the properties of parts. To obtain test results of water absorption, linear shrinkage were performed on sintered parts, apparent specific gravity and porosity, in order to evaluate the variation of shrinkage temperature determined according to the percentage of water absorption. (SEM) - the bending tests and scanning electron microscopy were also performed. The compositions studied showed satisfactory results within acceptable values for proper use in the ceramics industry.

Keywords: Stoneware; Properties; Ceramics; Marble.

¹ Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM), Laboratório de Mecânica dos Fluidos (LMF), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN, Brasil.

² PPGCEM, UFRN, Natal, RN, Brasil.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento mundial dos materiais cerâmicos nas últimas décadas fez com que o conhecimento científico e tecnológico se tornasse cada vez mais importante na área. A competitividade entre os fabricantes cerâmicos necessita que estes busquem minimizar seus custos de produção, sem que prejudiquem seus padrões de qualidade e atendam normas propostas pelos órgãos nacionais, internacionais de controle de qualidade e as exigências dos consumidores [1]. Um dos produtos cerâmicos de grande destaque nas últimas décadas é o grês porcelanato. O porcelanato é um revestimento cerâmico que apresenta boas propriedades técnicas, o que garante a possibilidade de aplicação nos mais variados ambientes, desde alto tráfego, onde demandam altíssimas resistências mecânica e à abrasão, como nas fachadas onde o quesito impermeabilidade é essencial [2].

Segundo Heck [3], o grês porcelanato assemelha-se à pedra natural, tendo, porém, inúmeras propriedades que superam o desempenho do mármore, granito, e da pedra São Tomé. O grês porcelanato destaca-se das pedras naturais nos seguintes aspectos:

- maior resistência química: adequado ao uso em laboratórios e indústrias;
- é impermeável: maior resistência a manchas, maior facilidade de limpeza e em caso de infiltração de umidade, não há desenvolvimento de manchas de umidade;
- maior resistência a abrasão: recomendável para áreas de altíssimo tráfego;
- uniformidade de cores na peça e entre peças: efeito estético agradável aos olhos; mais leves, menor espessura e maior resistência mecânica: mais fáceis de transportar e manusear;
- maior facilidade de assentar: um assentador de cerâmica tradicional poderá assentar o grês porcelanato.

O aumento da quantidade de resíduo gerado nas indústrias cerâmicas, construção civil, indústrias de rochas ornamentais, vidros, setor da metalurgia, perfuração de poços de petróleo, indústrias de papel, estação de tratamento de esgoto e de exploração e beneficiamento do caulim, entre outras, demonstra um grande desperdício de matéria-prima que poderia ser reutilizável. Os custos deste desperdício são distribuídos por toda a sociedade, não só pelo aumento no preço dos produtos finais, como também pelos custos de remoção e tratamento desses resíduos que, em alguns casos, são dispostos clandestinamente, de maneira inadequada em leitos de rios, margens de ruas e estradas das periferias e terrenos baldios [4].

A indústria de mármore e granito do estado do Rio Grande do Norte gera uma quantidade razoável de rejeito, ainda não quantificado no estado, cujo uso em massas cerâmicas pode não só amenizar um grave problema ambiental como também significar uma fonte alternativa de matéria-prima para o setor cerâmico. O estado do Espírito Santo, maior explorador do setor, estima que a produção de lama abrasiva de mármore e granito das industriais da região esteja em torno de 4000 toneladas por mês [5]. O potencial de incorporação de rejeitos nas formulações de cerâmica tradicionais, aliado às elevadas quantidades de recursos naturais consumíveis a cada dia por esse segmento industrial, ressalta a importância da reutilização de rejeitos como matérias-primas alternativas, racionalizando o uso dos recursos naturais [6].

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Diante disto, o objetivo desse trabalho foi implementar o resíduo de mármore no desenvolvimento de formulações de massas cerâmicas para obtenção de grês porcelanato.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, foi utilizado como matérias-primas: resíduo de mármore coletado após o polimento do mármore, fornecido pela empresa Companhia do mármore situada no município de Parnamirim/RN, argila plástica proveniente da empresa Tecnargilas, localizada em Içara/SC, caulim bruto doado pela empresa Vittra Fritas e Esmaltes Cerâmicos, localizada no município de Macaíba – RN, feldspato proveniente da indústria Armil Mineração do Nordeste LTDA localizada em Parelhas – RN e talco fornecido pelo laboratório de cerâmica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.

Essas matérias-primas foram peneiradas na malha 200 mesh. Foram preparadas quatro formulações da massa cerâmica variando-se as proporções de caulim, de talco, de feldspato, de argila de queima clara e do resíduo de mármore nas misturas, de acordo com a Tabela 1. As formulações foram homogeneizadas em moinho de bolas por 30min.

Tabela 1. Formulações de massa cerâmica para grês porcelanato (% em massa)

MATÉRIAS-PRIMAS	FA (%)	FB (%)	FC (%)	FD (%)
Argila	45	55	65	35
Feldspato	-	-	-	45
Talco	3	3	3	3
Caulim	32	22	2	17
Resíduo de mármore	10	20	30	-

Os corpos de prova foram preparados em uma prensa uniaxial com pressão de 25 MPa e sinterizados em forno convencional nas temperaturas de 800, 900 e 1000°C, com patamar de 60 minutos e taxa de aquecimento de 10°C por minuto. Foram preparados 60 corpos de prova, sendo 15 corpos de prova para cada formulação, verificando as propriedades dos mesmos. Para obtenção dos resultados de propriedades tecnológicas foram realizados ensaios de absorção de água, retração linear nas peças sinterizadas, massa específica aparente e porosidade aparente, com o propósito de avaliar a variação de retração em determinada temperatura de acordo com a porcentagem de absorção de água. Foram realizados também ensaios de resistência à flexão e microscopia eletrônica de varredura - (MEV) conforme procedimento apresentado na Figura 1.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

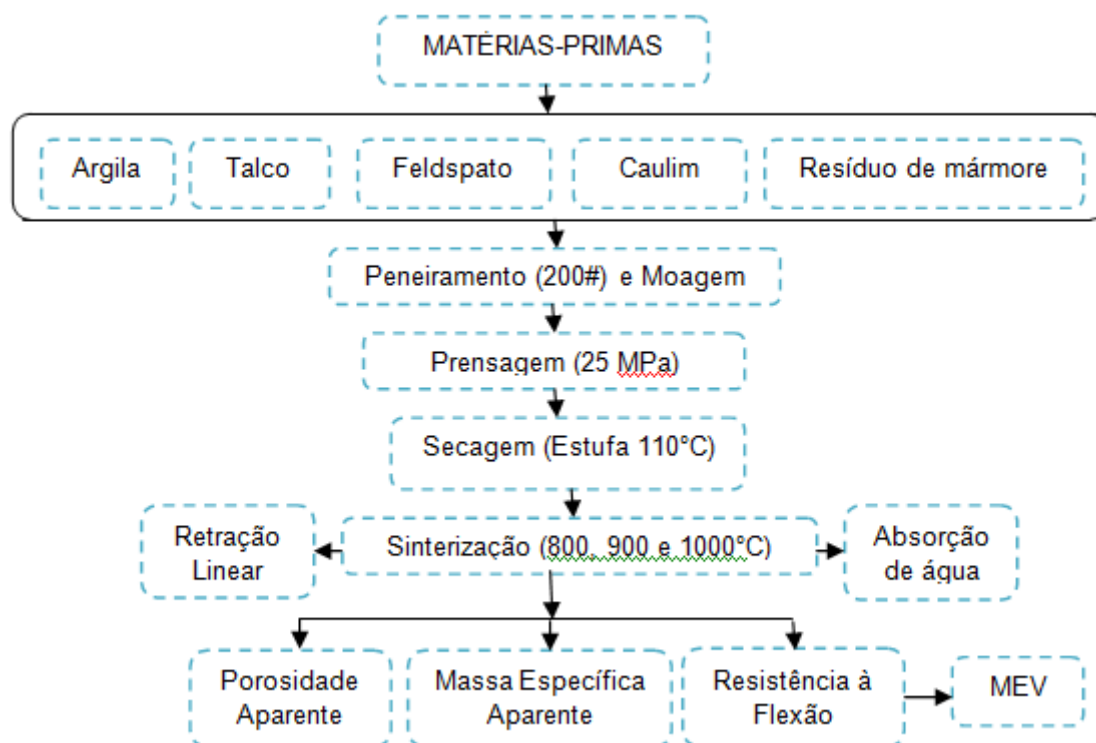


Figura 1. Procedimento experimental

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaios Tecnológicos de Propriedades Físico-Mecânicas

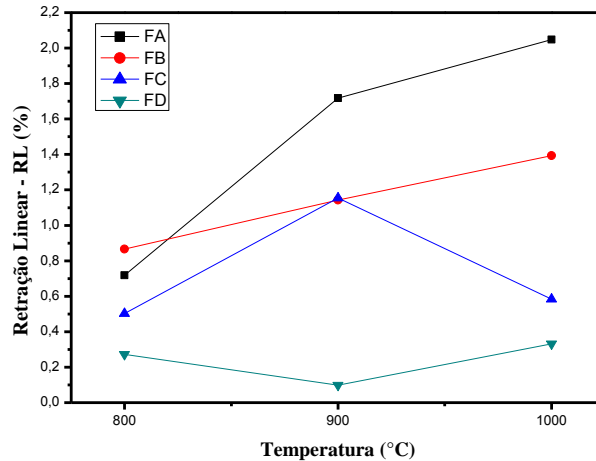
3.1.1 Retração linear de queima

De acordo com a Figura 2, pode-se observar que os corpos-de-prova das formulações FA, FC e FD (Padrão) a 800°C apresentaram menor retração linear de queima do que a formulação B (FB). Já a 900 e 1000°C somente a formulação FA apresentou maior retração linear se comparada às formulações FB e FC. Observa-se que quanto maior a presença de materiais não plásticos (resíduos de mármore) nas massas, maior será a retração linear nestas temperaturas. Os resíduos de mármore incorporados nas massas cerâmicas atuam como formadores de “esqueleto” do corpo de prova cerâmico no processo de sinterização, proporcionando à formação de fase líquida e preenchendo os poros do corpo cerâmico, influenciando dessa forma na absorção de água, porosidade e na resistência mecânica dos cerâmicos.

Observa-se que a retração linear dos corpos-de-prova das formulações aumenta com o aumento da temperatura de sinterização, evidenciando a forte influência da temperatura na retração linear dos corpos de prova, sendo atribuído esse comportamento a perda de massa dos corpos de prova e a reatividade dos pós de elevada sinterabilidade das formulações, além da formação de fases líquidas e a concentração de resíduos incorporados.

Todas as formulações apresentam um aumento substancial da retração linear com o aumento da temperatura de sinterização para 1000°C, com exceção da FC.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



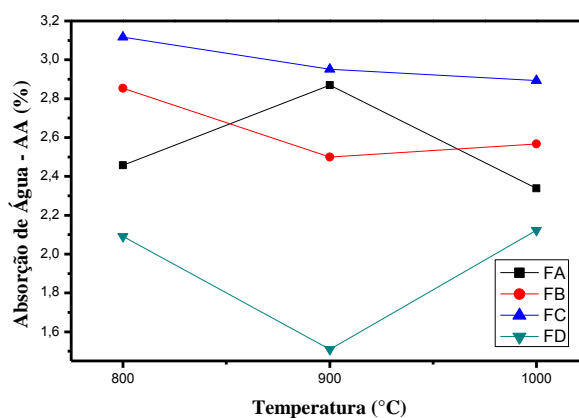
Temperatura (°C)	FA	FB	FC	FD
800	0,719 ±0,16	0,866 ±0,12	0,502 ±0,08	0,272 ±0,10
900	1,717 ±0,05	1,143 ±0,09	1,155 ±0,18	0,098 ±0,14
1000	2,048 ±0,02	1,393 ±0,08	0,584 ±0,11	0,332 ±0,12

Figura 2. Ensaio tecnológico de Retração linear de queima (RLq) em função da temperatura

Esse aumento da retração linear pode estar relacionado às reações de redução que ocorrem durante a sinterização, provocando a expansão dos corpos de prova, isso devido ao aprisionamento de gases liberados do interior dos corpos de prova durante as reações, sendo prejudiciais a resistência mecânica e a absorção de água do material. Como se pode observar, as formulações FC e FD sofreram menor retração na sinterização de 1000°C.

3.1.2 Absorção de água

A Figura 3 apresenta os resultados de absorção de água nas formulações estudadas. Observa-se no gráfico, a absorção de água na temperatura de 800°C variou entre 2,1% (FD) a 3,1% (FC), na temperatura de 900°C variou entre 1,5% (FD) a 3,0% (FC) e na temperatura de 1000°C variou entre 2,15% (FD) a 2,9% (FC).



Temperatura (°C)	FA	FB	FC	FD
800	2,457 ±0,12	2,854 ±0,09	3,117 ±0,11	2,091 ±0,11
900	2,87 ±0,13	2,5 ±0,11	2,952 ±0,09	1,509 ±0,02
1000	2,338 ±0,05	2,567 ±0,05	2,894 ±0,10	2,123 ±0,04

Figura 3. Ensaio tecnológico de Absorção de Água (AA) em função da temperatura

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Este resultado mostra que em todas as temperaturas 800, 900 e 1000°C os corpos-de-prova de todas as formulações se enquadram no grupo B1b de absorção de água (AA de 0,5 a 3%) como produto grés da classificação e definição dos revestimentos cerâmicos de acordo com a norma NBR 13818 [7].

As formulações apresentaram uma redução na absorção de água de acordo com a temperatura, com exceção da FD, sendo FA a formulação que mais apresentou redução. Acredita-se que isso ocorreu devido à presença de materiais fundentes (maior quantidade de resíduos) onde durante a sinterização a 1000°C, fundiu e preencheu os poros, bem como arredondou e fechou parcialmente os mesmos, absorvendo menos água. A presença de alto teor de fundentes nas composições aumenta a quantidade de fase líquida durante a sinterização, o que promove uma maior densificação.

3.1.3 Porosidade aparente

A Figura 4 apresenta a porosidade dos corpos de prova sinterizados a 800, 900 e 1000°C. Os corpos de prova sinterizados a 1000°C apresentaram uma homogeneidade dos valores de porosidade aparente, corroborando com os resultados de absorção de água. A porosidade aparente dos corpos sinterizados variou entre 2 e 3,7%, estando coerente com os resultados de absorção de água (Fig. 3). Percebe-se que com uma menor porosidade aparente, menor é a absorção de água desses corpos cerâmicos, devido à dissociação dos poros com o aumento da temperatura, diminuindo a porosidade da mesma conforme pode ser observado também pelos valores de absorção de água.

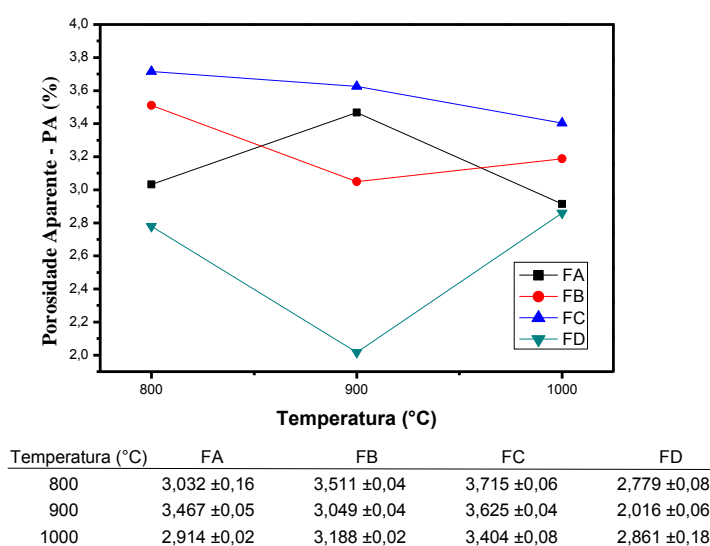


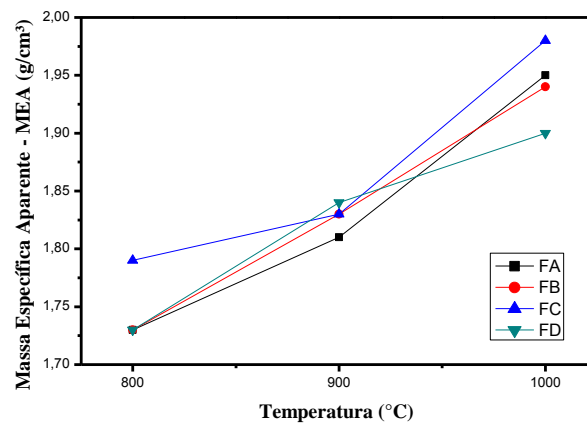
Figura 4. Ensaio tecnológico de Porosidade Aparente (PA) em função da temperatura

Verifica-se que há uma variação relativamente baixa de porosidade aparente entre as formulações FA, FB e FC a 900°C, e FA, FB, FC e FD na temperatura de 1000°C. Nota-se aí, que as mesmas formulações que apresentaram a porosidade aparente mais alta bem como a mais baixa, para cada temperatura de sinterização, são as mesmas que apresentaram maior e menor absorção de água, estando coerentes com a literatura [8,9]. A redução da porosidade aparente pode ser compreendida pela maior quantidade de fase vítrea, que penetra nos poros enquanto está líquida durante a sinterização [10].

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

3.1.4 Massa específica aparente

A Figura 5 apresenta os resultados da massa específica aparente das formulações sinterizadas a 800, 900 e 1000°C. Observa-se uma aproximação acentuada nos valores da massa específica aparente a 800°C nas formulações FA, FB e FD, como também menor massa específica aparente, pois ocorreu um menor preenchimento dos poros. A temperatura de sinterização influenciou fortemente as propriedades físico-mecânicas, principalmente na densificação da massa cerâmica estudada. Todas as formulações analisadas apresentaram aumento da densidade com a elevação da temperatura. Nos processos de sinterização como difusão no estado sólido e formação de fase líquida há preenchimento dos poros, com isso torna a cerâmica com densidade superior. As formulações analisadas apresentam-se superiores devido à presença em maior quantidade de fundentes quando comparada a formulação padrão [11]. Os resultados são coerentes com a literatura e evidenciam o comportamento de densificação dos corpos de prova com o aumento da temperatura de sinterização. Segundo Moraes [12], quanto maior a temperatura de sinterização, maior é a quantidade de fase vítrea penetrando e preenchendo os poros enquanto se encontra na fase líquida durante a sinterização, dessa forma, maior é a densidade dos corpos cerâmicos.



Temperatura (°C)	FA	FB	FC	FD
800	1,73 ± 0,05	1,73 ± 0,05	1,79 ± 0,07	1,73 ± 0,03
900	1,81 ± 0,04	1,83 ± 0,04	1,83 ± 0,1	1,84 ± 0,07
1000	1,95 ± 0,07	1,94 ± 0,03	1,98 ± 0,04	1,91 ± 0,03

Figura 5. Ensaio tecnológico de Massa Específica Aparente (MEA) em função da temperatura

Nota-se que na sinterização a 1000°C, as formulações obtiveram maiores valores de MEA (1,89 a 1,98 g/cm³), provavelmente pela maior concentração de materiais fundentes que densificam a amostra, quando em estado líquido elimina os poros existentes. A formação da fase líquida escoava para os interstícios existentes entre as partículas, mais refratárias, e por força de capilaridade, provoca a aproximação dessas partículas o que resulta em uma retração bastante significativa. Quanto maior a quantidade de material que se funde e menor a viscosidade do líquido formado, maior será a retração linear (Figura 2) e conseqüentemente maior a densidade do material [12,13].

3.1.5 Resistência à flexão

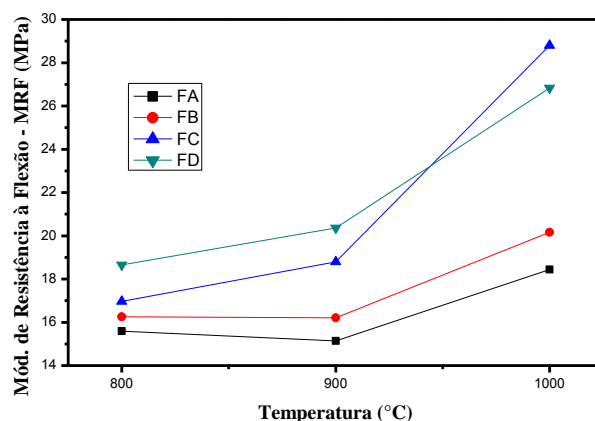
A Figura 6 apresenta os resultados da resistência à flexão de 3 pontos dos corpos-de-prova sinterizados a 800, 900 e 1000°C. Todas as formulações contendo

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

resíduos apresentaram um aumento substancial da resistência mecânica à flexão com o aumento da temperatura de sinterização de 800°C para 1000°C.

Assim como as propriedades de retração linear e massa específica aparente, percebe-se que o módulo de resistência à flexão aumentou de acordo com o aumento da temperatura máxima de sinterização. Os corpos-de-prova apresentaram resistência mecânica à flexão de 15,59 a 18,65 MPa a 800°C, sendo o mais resistente a flexão os corpos-de-prova da formulação FD (18,65 MPa). Os corpos-de-prova das formulações sinterizadas a 900°C apresentaram resistência à flexão entre 15,14 e 20,35 MPa, sendo o FD (20,35 MPa) o mais resistente. Já as formulações sinterizadas a 1000°C apresentaram valores de resistência mecânica à flexão entre 18,43 e 28,80 MPa, apresentando o maior valor a formulação FC (28,80 MPa) e em seguida FD (26,83 MPa).

É importante salientar que a ABNT não classifica os revestimentos quanto à resistência à flexão, embora cite como fazer o ensaio. No entanto, a norma Européia UNI EN 100, faz referência ao valor médio que deve apresentar o MRF em MPa > 20, para um revestimento prensado. De acordo com esta informação, percebe-se que corpos de prova das formulações FC e FD atingiram a marca ideal de resistência à flexão, atingindo 28,80 e 26,83 MPa na sinterização a 1000°C.



Temperatura (°C)	FA	FB	FC	FD
800	15,592 ± 0,03	16,251 ± 0,02	16,964 ± 0,12	18,651 ± 0,05
900	15,142 ± 0,04	16,202 ± 0,05	18,791 ± 0,03	20,358 ± 0,03
1000	18,437 ± 0,09	20,161 ± 0,02	28,804 ± 0,07	26,831 ± 0,06

Figura 6. Ensaio tecnológico de Resistência à Flexão (MRF) em função da temperatura

Observa-se que a resistência mecânica dos corpos de prova aumenta com o aumento da temperatura de sinterização. O módulo de resistência à flexão na FC e FD é fortemente elevado com o aumento da temperatura de queima, como resultado da diminuição da porosidade nas peças cerâmicas.

3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A Figura 7 apresenta as micrografias obtidas por MEV com amplificação de 2000x dos corpos-de-prova das formulações FA, FB, FC e FD, sinterizados nas temperaturas de 800, 900 e 1000°C. Observa-se na Figura 7, a formulação FA a 800°C apresenta a formação de poros com tamanho médio entre 30 e 40 µm, a presença marcante do caulim (Q) e de fases menos sinterizadas e rugosas.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

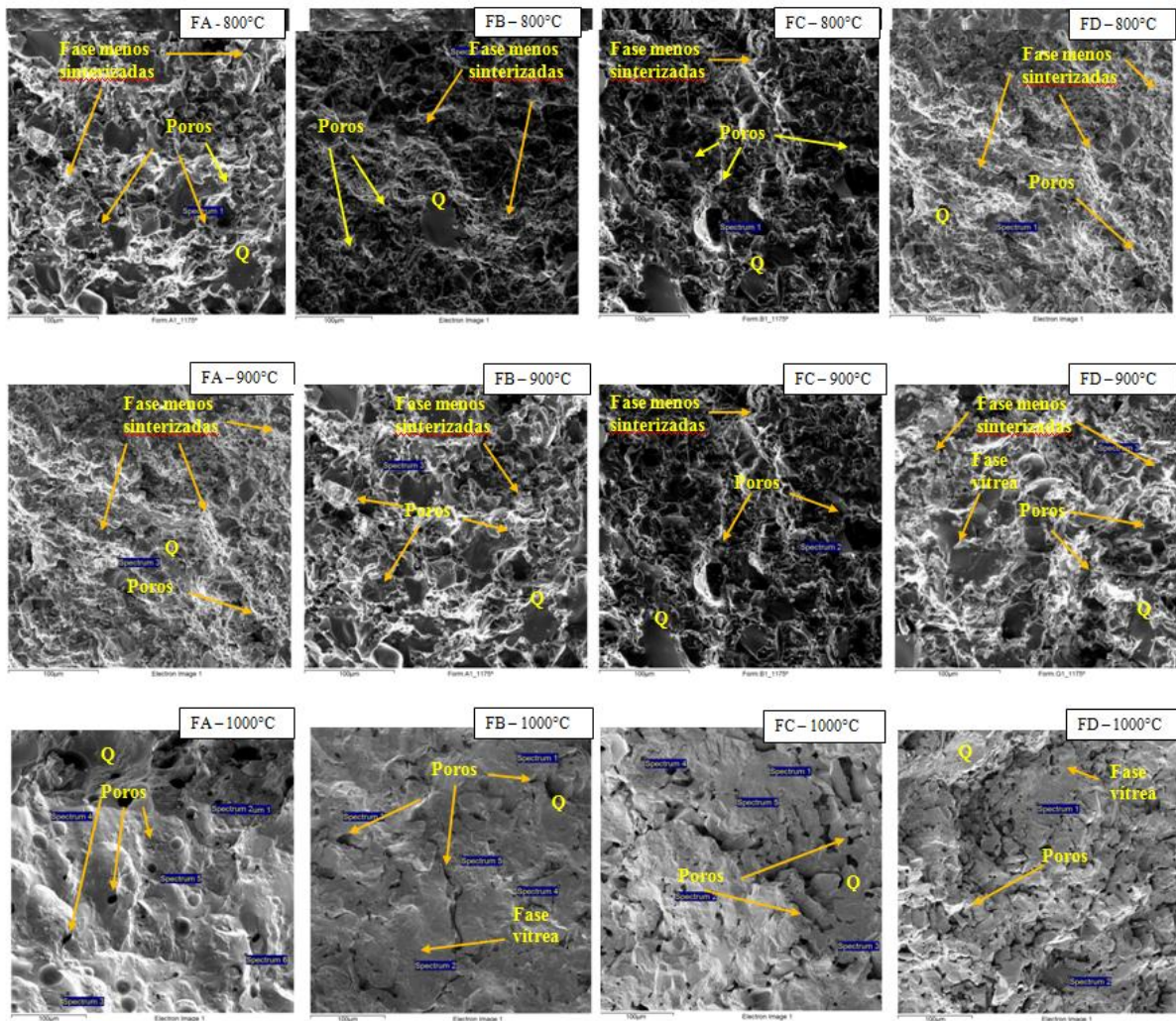


Figura 7. Micrografias da região de fratura dos corpos de prova obtidas por MEV

A formulação FB a 800°C apresenta também uma porosidade, com tamanho médio entre 20 e 60 μm e o caulim (Q) marcante na estrutura do corpo-de-prova. Já a formulação FC a 800°C apresenta maiores poros com tamanho médio entre 30 e 80 μm com morfologia irregular e superfícies rugosas. A formulação FD a 800°C apresenta uma menor porosidade se comparada às formulações FA, FB e FC com tamanho médio de poros em torno de 20 e 40 μm , também evidencia a formação de fases menos sinterizadas e o caulim (Q) em destaque. Essas micrografias estão coerentes com os percentuais de porosidade aparente, no qual apresenta uma maior porosidade na formulação FC (3,71%), menor massa específica aparente (1,79 g/cm^3) e como consequência uma maior absorção de água (3,12%).

Na temperatura de 900°C, nota-se nas micrografias das formulações FA, FB, FC e FD a formação de fases menos sinterizadas, a presença marcante do caulim (Q) e porosidade entre 10 e 30 μm (FA), 20 e 40 μm (FB), na faixa de 80 μm (FC) e entre 20 e 60 μm (FD), com destaque na formulação FD, apresentando a formação de fase vítrea. As micrografias corroboram com os valores apresentados de porosidade aparente das formulações FB (3,05%) e FD (2,02%) e de absorção de água das mesmas, FB (2,5%) e FD (1,51%), sendo justificada pela expansão da fase líquida por praticamente todo o corpo-de-prova, no entanto as formulações FA, FB e FC não

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



apresentaram fase vítrea nessa temperatura, com regiões que não foram totalmente sinterizadas.

As fases menos sinterizadas são caracterizadas como regiões de pouca difusão térmica, no qual ocorre uma menor taxa de coalescência térmica, causada pela presença de maior concentração de materiais plásticos (principalmente a argila) e menos fundentes (materiais não-plásticos) que nesse caso caracterizam-se os resíduos de mármore. A coalescência térmica também é conhecida pela formação de pescoço, sendo responsável pela união dos grãos. Na temperatura de 1000°C, nota-se a evolução da microestrutura dos corpos-de-prova com o aumento da temperatura. Percebe-se a redução dos poros e o aumento da massa específica dos corpos cerâmicos conforme os resultados apresentados pelos ensaios tecnológicos de propriedades físico-mecânicas.

4 CONCLUSÃO

Os resultados de ensaios tecnológicos de propriedades físico-mecânicas induzem a viabilidade técnica do aproveitamento de resíduos de mármore em massas cerâmicas para a produção de grês-porcelanato, devido as propriedades dos resíduos. Comparando as formulações FA, FB e FC com a FD (Padrão), conclui-se que a FB apresentou melhores propriedades físico-mecânicas e microestruturais de acordo com os resultados, sendo viável a substituição da matéria-prima feldspato pelo resíduo de mármore em até 20% em massa. Os resultados potencializam o aproveitamento de resíduos de mármore no desenvolvimento de produtos cerâmicos em particular na indústria cerâmica de grês-porcelanato, tal fato, trará benefícios sustentáveis, no qual irá minimizar o impacto ambiental causado pelo descarte indevido deste resíduo, além de contribuir para a diminuição dos custos dos produtos finais e diversificar as matérias-primas da indústria cerâmica.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela CAPES e CNPq, as empresas Tecnargilas, Vittra Fritas e Esmaltes Cerâmicos e a Armil Mineração do Nordeste Ltda, por fornecerem as matérias-primas utilizadas neste trabalho, e ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM/UFRN) e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM/UFRN).

REFERÊNCIAS

- 1 Luz AP, Ribeiro S. Uso De Pó De Vidro Como Fundente Para Produção De Grés Porcelanato. Revista Matéria. 2008;13(1):96-103.
- 2 Matteucci F, Dondi M, Guarini G. Effect Of Soda-Lime Glass On Sintering And Technological Properties Of Porcelain Stoneware Tiles. Ceramics International. 2002;28(8):873-880.
- 3 Heck C. Gres Porcelanato. Cerâmica Industrial. 1996;1(04-05):01-05.
- 4 Cavalcanti DJH. Estudo do Efeito do Óxido de Bário no Comportamento de Massas Para Porcelanato [Tese de Doutorado]. Natal: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande Do Norte; 2012.
- 5 Silva JB, Hotza D, Segadães AM, Acchar W. Incorporação de Lama de Mármore e Granito Em Massas Argilosa. Cerâmica 51, Natal/Rn, 2005.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

- 6 Menezes RR, et Al. Análise De Co-Utilização Do Resíduo Do Beneficiamento Do Caulim E Serragem De Granito Para Produção De Blocos E Telhas Cerâmicos. *Cerâmica Industrial*, Cerâmica 53, P. 192-199, 2007.
- 7 Associação Brasileira De Normas Técnicas. Abnt - 13.818: Informações Técnicas: Placas Cerâmicas Para Revestimento - Especificação E Métodos De Ensaios. Rio De Janeiro, 1997.
- 8 Pinheiro BCA, Silva AGP, Holanda JNF. Uso De Matérias-Primas Do Rio Grande Do Norte Na Preparação De Massa Cerâmica Para Grês Porcelanato. *Cerâmica Industrial*. 2010;15:29-33.
- 9 Vieira FA. Processamento E Caracterização de Materiais Cerâmicos Obtidos Através Da Incorporação De Resíduos de Mármore e Granito Provenientes das Indústrias Do Rn [Tese Doutorado Em Ciência e Engenharia de Materiais]. Natal : Universidade Federal do Rio Grande Do Norte; 2004.
- 10 Andrade FLF, et al. Avaliação da Potencialidade de Uso do Resíduo Proveniente da Indústria de Beneficiamento do Caulim na Produção de Piso Cerâmico. *Cerâmica Industrial*. 2009;14:41-45.
- 11 Pinheiro BCA, Silva AGP, Holanda JNF. Uso De Matérias-Primas do Rio Grande do Norte na Preparação de Massa Cerâmica Para Grês Porcelanato. *Cerâmica Industrial*. 2010;15:29-33.
- 12 Moraes MLVN. Aproveitamento de Resíduo de Beneficiamento do Caulim na Produção de Porcelanato Cerâmico [Tese Doutorado]. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2007.
- 13 Soares RAL. Efeito da Adição De Carbonatos Em Formulação de Massa Para Revestimento Cerâmico Utilizando Matérias-Primas Do Piauí [tese de doutorado]. Natal: Universidade Federal do Rio Grande Do Norte; 2010.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.