

SINTERIZAÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS COMPOSTOS:MISTURA COM BIOPOLÍMERO E PÓ DE LAPIDÁRIO DO VALE DO MUCURI-MG

SINTERING OF COMPOSITE CERAMIC MATERIALS: BLENDING WITH BIOPOLYMER AND LAPIDARY POWDER OF VALE DO MUCURI-MG

Rafael GuerraFerreira¹
Flaviana Tavares Vieira¹
Igor Brumano Coelho Amaral¹
Arlete Barbosa dos Reis¹

Resumo:Na produção de materiais cerâmicos estuda-se a adição de biopolímeros e rejeitos com características similares às argilas, no intuito de alcançar inovações diversas, mantendo e/ou melhorando as características do produto. Em busca de um correto direcionamento a rejeitos, vê-se então o potencial de reaproveitamento a partir da junção de resíduos e compostos biopoliméricos, como o pó de lapidário e a quitosana, que, dentre os biopolímeros de grande aplicabilidade, optou-se por seu uso pela sua ampla disponibilidade e propriedades aproveitáveis. Dentro desse contexto, foram produzidas 90 amostras cerâmicas utilizando-se uma solução aquosa ácida de quitosana 2% (em massa) e 0, 5, 10, 15, 20, 25% de pó de lapidário. As matérias-primas foram analisadas por Fluorescência de Raios-X, sendo confirmada a composição química favorável ao uso em materiais cerâmicos. Após os processos de secagem e queimas nas temperaturas de 850, 950 e 1100°C em patamar de 3h, os corpos de prova foram submetidos a ensaios de Absorção de Água (%) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), constando-se baixa porosidade nas amostras e taxa de absorção dentro das exigências das normas da ABNT, demonstrando a viabilidade técnico ambiental na utilização de pó de lapidário e quitosana para a produção de material cerâmico.

Palavras-chaves: Lapidação. Quitosana. Resíduos. Cerâmica vermelha.

Abstract: *In the production of ceramic materials, we study the addition of biopolymers and tailings with characteristics like clays, aiming at achieving the various innovations, maintaining and/or improving the characteristics of the final product. In the search for a correct targeting of tailings, the potential of reuse is seen from the junction of residues and biopolymer compounds, such as lapidary powder and chitosan, which, among the biopolymers of great applicability, was chosen for use due to its wide availability and useful properties. In this context, 90 ceramic samples were produced using a chitosan solution 2% (w/w) and 0, 5, 10, 15, 20, 25% of lapidary powder. The raw materials were analyzed by X-ray Fluorescence, confirming the chemical composition favorable to the use in ceramic materials. After the drying processes and burns at 850, 950 and 1100 ° C at 3h levels, the specimens were submitted to Water Absorption (%) and Scanning Electron Microscopy (SEM) tests, with low porosity in the samples and water absorption within the required by the standards of ABNT, demonstrating the technical feasibility of the use of lapidary powder and chitosan to produce ceramic material.*

Keywords: *Lapidations. Chitosan. Wastes. Red ceramic.*

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Engenharia Química, Campus JK-Diamantina/MG – Brasil, email :arlete.reis@ict.ufvjm.edu.br

1 Introdução

A construção civil é uma das indústrias que mais gera resíduos, sejam rejeitos de componentes utilizados na fabricação dos materiais de construção como também os entulhos gerados durante a construção ou demolição. Nesse contexto, um dos grandes problemas enfrentados pela sociedade é a disposição incorreta desses resíduos, que se somam aos resíduos provenientes das diversas atividades realizadas pelas populações, de origem domiciliar, comercial ou industrial. Dessa maneira, a reutilização dos resíduos de atividades ligadas ao setor é de suma importância para controlar o destino dos rejeitos, diminuindo os prejuízos à sociedade e ao meio ambiente.

O Vale Mucuri, mesorregião de Minas Gerais-Brasil, é assentado em uma das maiores províncias gemológicas do mundo, dada sua extensão e diversidade de gemas de diamante, ametista, citrino e outros. O segmento de lapidação é uma de suas mais importantes atividades, e, juntamente com a região do Vale do Jequitinhonha, é responsável por grande parte da produção e exportação de gemas preciosas e semipreciosas no Brasil (Ramos; Ferreira, 2008). As atividades de extração são predominantemente garimpeiras e geram grande volume de resíduos nos locais onde estão concentradas. A atividade de lapidação, por sua vez, gera rejeitos minerais, como o pó de pedra, advindo do polimento de pedras preciosas ou semipreciosas. Esse resíduo constitui um material inútil para os lapidários e muitas vezes é descartado como rejeito na natureza, gerando problemas ambientais como: poluição atmosférica, assoreamento de rios e leitos d'água, além de contaminação pelo material lixiviado nas áreas de drenagem, gerando um enorme impacto ambiental.

A produção de materiais cerâmicos tem grande importância no Brasil, não só pela representatividade econômica e geração de empregos, mas também pela possibilidade de coprocessamento de rejeitos sólidos, que em virtude do elevado volume de produção, movimentando cerca de 60.000.000 de toneladas de matéria-prima ao ano (BUSTAMANTE; BRESSIANI, 2000), dá a possibilidade de destino para rejeitos minerais semelhantes ao pó de pedra. Nessa senda, vários são os estudos que visam utilizar rejeitos para melhorar as propriedades tecnológicas da massa cerâmica, o que é definido pela Deliberação Normativa (DN) nº 83 de 2005 da Comissão de Política Ambiental de Minas Gerais – COPAM, que regulamenta a utilização de resíduos sólidos para recuperação de energia e substituição de matérias-primas em alguns processos (COPAM, 2005).

Os resíduos de lapidação são ricos em minerais que normalmente estão presentes nas matérias-primas convencionais utilizadas na fabricação de produtos cerâmicos, como SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , Fe_2O_3 e CaO (SOUZA; PINHEIROS; HOLANDA, 2011). A literatura relata vários estudos em que se adicionam resíduos de mineração, metalurgia, siderurgia e outros em massas cerâmicas, obtendo resultados satisfatórios com sua utilização para a confecção de material de revestimento, alvenaria e coberturas (MENEZES *et al.*, 2002). Assim, tem-se que a adição de resíduos pode ser realizada desde que suas características sejam similares às dos componentes normalmente utilizados na produção de cerâmicas (AMORIM, 2007). As argilas são ricas em compostos de silicatos, alumínio e ferro, importantes para conferir ao material cerâmico resistência mecânica, aparência vítrea e pouco porosa, características estas possíveis de serem encontradas em materiais de descarte ou resíduos, como o pó de lapidário, que pode servir como complemento à argila como matéria-prima não convencional de baixo custo e com relevância de sustentabilidade e reaproveitamento de resíduos sólidos (SOUZA; PINHEIROS; HOLANDA, 2011).

Da mesma maneira, compostos de origem natural, como o biopolímero quitosana, podem atuar para melhorar a qualidade dos materiais cerâmicos. A quitosana apresenta alta

massa molar e grupos amino (NH₂) em suas unidades repetitivas. Devido a estes grupos, a quitosana possui natureza policatiónica que, em meio ácido, atua também como um polieletrólito, e tais características podem ser aproveitadas para a produção de novos materiais cerâmicos, devido inclusive a seu alto teor de SiO₂ e CaO, que promovem um incremento da resistência mecânica e diminuição da retração do material cerâmico após a sinterização (Bruxel et al., 2012; Pinto et al., 2010).

A utilização de pó de lapidário de pedras preciosas e semipreciosas foi pensada fazendo uma analogia com o pó de pedra, gerado a partir da britagem de rochas, que normalmente também é visto como rejeito. Fato semelhante acontece com os lapidários de pedras preciosas que, em sua maioria, após submetidas ao processo de lapidação, resultam no pó de lapidário, que, quando não possuem destinação definida, são estocados ao ar livre e sujeitos à ação de intempéries e poluição da atmosfera e dos cursos d'água. Além da utilização de rejeitos ser benéfica ao providenciar destino mais nobre aos resíduos, também contribui para diminuição da exploração das jazidas de argilas, e diminuição de custos com matérias-primas (Alves; Baldo, 1997).

Este estudo teve como objetivo a produção de materiais compósitos cerâmicos com argila, solução ácida de quitosana e pó de pedra a partir do processamento de pedras preciosas, preparando corpos de prova em laboratório com adição do pó de lapidário em diferentes proporções, de 0% a 25% em massa, e foram expostas ao processo de sinterização a temperaturas de 850, 900 e 1100°C. Para avaliar a composição química, realizou-se a técnica de Fluorescência de Raio-X (FRX), e os materiais sinterizados foram avaliados por análise de Absorção de Água (%) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

2 Materiais e Métodos

O pó de lapidário foi misturado em diferentes proporções, conforme visto a seguir. Além da adição de desses resíduos, foi utilizada uma solução ácida de quitosana em substituição à água adicionada à mistura. O processo de fabricação dos corpos de prova foi subdividido em oito etapas definidas a seguir (Tabela 1).

Tabela 1 -Quadro descritivo das principais etapas e ações de implementação do trabalho.

AÇÕES	DESCRIÇÃO
Preparo das matérias-primas (argila, pó de lapidário)	Secagem, destorroamento e peneiração em peneira ABNT nº 35
Preparo da solução de quitosana	Solução em mistura ácida de ácido acético (1%)
Mistura das matérias-primas	Obtenção de mistura homogênea
Adição da solução de quitosana	Obter uma massa cerâmica que possa ser moldada com 30% de solução de quitosana em massa
Prensagem dos corpos de prova	Conformação da massa em molde de aço 50x50x10mm ³
Secagem dos corpos de prova em estufa	Retirada da unidade da peça evitando defeitos no processo de sinterização
Sinterização das peças cerâmicas	Queima das peças em mufla a elevadas temperaturas (T=850, 950 e 1100°C)
Obtenção da peça final	Após o resfriamento, o material deve adquirir melhores propriedades mecânicas e características de difusividade

Antes da mistura dos compostos sólidos e a solução de quitosana, o pó de lapidário e as amostras de argila passaram por uma etapa de secagem em estufa a 110°C (Ethik Technology, modelo 402-5d com Potência 1000W durante um período de 30 minutos), de moagem com almofariz e pistilo, afim de homogeneizar as amostras e reduzir o tamanho de suas partículas, e de peneiramento (ABNT nº 35), para promover a homogeneidade. A distribuição de tamanho de partículas foi determinada de acordo com a norma NBR 7181:1984, a qual combina técnicas de peneiramento e de sedimentação (ABNT, 1984). A redução do tamanho das partículas é necessária para aumentar sua superfície específica em busca do aumento da reatividade dos componentes durante a etapa de queima e sinterização, melhorando as características mecânicas do material cerâmico sinterizado (PINTO *et al.*, 2010). Para a mistura das matérias-primas sólidas foram utilizados pó de lapidário nas proporções de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25%, que correspondem as amostras AM0, AM5, AM10, AM15, AM20 e AM25, respectivamente, representando as composições em massa e argila, conforme ilustra a Tabela 2. A solução ácida de quitosana foi preparada solubilizando-se 2g de quitosana em 100 mL de solução aquosa ácida de ácido acético 1% (em massa) e foi utilizada na proporção de 30% em massa com a mistura de matérias sólidas. A argila utilizada foi uma argila do tipo comercial, com composição analisada e descrita neste trabalho, e o resíduo de lapidação foi obtido de lapidários da região da cidade de Teófilo Otoni-MG.

Tabela 2 - Composição das amostras de material cerâmico (% em peso)

Composição das amostras (%)		
Amostra	Pó de lapidário	Argila
AM 0	0	100
AM 5	5	95
AM 10	10	90
AM 15	15	85
AM 20	20	80
AM 25	25	75

O processo de fabricação dos corpos de prova (CP) foi dividido em quatro etapas: preparação e mistura da massa cerâmica com as proporções específicas de pó de lapidário e solução de quitosana, conformação dos CPs em molde 50x50x10mm³, secagem e sinterização. Após isso, foram realizados os ensaios de análise de Absorção de Água (%) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

As parcelas apresentadas na Tabela 2 foram misturadas à solução de quitosana durante 15 minutos, obtendo uma massa homogênea. Após isso, seguiu-se para o processo de prensagem manual, com o objetivo aumentar a densidade do material compactado. O processo foi realizado em um molde de aço nas dimensões 50x50x10 mm³, obtendo peças no estado verde ou cru (biscoito), com aproximadamente 80g cada. Foram confeccionados 90 corpos de prova, sendo 15 de cada amostra. Os CPs foram secos em temperatura ambiente por 24h e colocados em estufa (Ethik Technology a 110 °C) a 110 °C até que a perda de peso não ultrapassasse 0,1%, atingindo um peso constante. Este processo consiste na evaporação da água da solução aquosa de quitosana adicionada ao processo de mistura. Os corpos de prova cerâmicos quando passam por esse processo eliminam tensões internas ao eliminar a água de forma lenta e gradual e incrementam sua resistência mecânica devido ao aumento das forças de ligações entre partículas componentes (AMORIM, 2007; ALBERO, 2001).

A etapa de queima ou sinterização dos corpos de prova foi realizada em forno do tipo mufla nas temperaturas de 850, 950 e 1100 °C, durante 120min de queima a uma taxa de aquecimento de 2 °C/min. Essa etapa é importante para a densificação do material, diminuindo sua porosidade, por sua vez, a etapa de resfriamento feita em taxas constantes é necessária para evitar defeitos e trincas nas peças.

A composição química das matérias-primas foi analisada pelo método de Fluorescência de Raios-X (FRX) e as propriedades dos corpos de prova e a microestrutura foram analisadas através da análise de Absorção de Água (%) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

3 Resultados e discussões

3.1 Análise Química por Fluorescência de Raios-X

A análise das amostras através das técnicas de Fluorescência de Raios-X (FRX) foi útil para determinar a composição química das matérias-primas utilizadas, o pó de lapidário e a argila. Todas as amostras foram peneiradas em peneira ABNT nº 35, com abertura de 425 µm, e submetidas aos procedimentos de secagem em estufa. O equipamento utilizado foi o Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer EDX Series 720/800HS. O resultado da FRX pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise química por Fluorescência de Raios-X

Compostos Químicos	Proporção Elementar (%)		
	Pó de Lapidário	Argila	Quitosana
SiO₂	59,219	39,404	50,331
Al₂O₃	16,741	39,025	0,000
Fe₂O₃	2,285	16,553	23,649
K₂O	6,322	2,123	0,000
TiO₂	0,150	2,054	0,000
CaO	14,478	0,511	13,060
Zr	0,024	0,044	1,142
Cu	0,026	0,016	5,114
NiO	0,204	0,000	3,659
Cr	0,074	0,000	1,897
Outros	0,469	0,270	1,148

Na Tabela 3, percebem-se altas concentrações de SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃ nas amostras de pó de lapidário e argila., enquanto a quitosana apresenta alta concentração de SiO₂, Fe₂O₃ e nenhum traço de Al₂O₃. A presença desses componentes indica que a matéria-prima possui grande potencial para a produção de materiais cerâmico, e a utilização de quitosana, com alto teor de silicatos, justifica-se pela possibilidade de aumento da resistência mecânica e diminuição da porosidade e retração dos corpos de prova sinterizados. Sabe-se, além disso, que uma maior quantidade de fundentes, geralmente, produz um aumento de fase vítrea no material sinterizado, os quais são caracterizados pelo óxido de potássio (K₂O), pelo alcalino-terroso, óxido de cálcio (CaO), e pelo óxido de ferro (Fe₂O₃) e dióxido de titânio (TiO₂), que conferem a coloração avermelhada após a queima (OLIVEIRA; HOTZA, 2015; VIEIRA;

HOLANDA; PINATTI, 2000). Esses óxidos influenciam diretamente na sinterização dos compostos cerâmicos (Aquino et al., 2006), os quais, com exceção dos óxidos de potássio e titânio, estão presentes em grandes concentrações na solução de quitosana e contribuem para esse incremento. O óxido de Ferro (Fe_2O_3), presente em maiores concentrações na quitosana, se decompõe em magnetita (Fe_3O_4) na faixa de 1120°C gerando um pico exotérmico e melhorando a atuação da etapa de sinterização (AQUINO *et al.*, 2006; VIEIRA; HOLANDA; PINATTI, 2000).

3.2 Análise de Absorção de Água

Após o processo de sinterização os corpos de prova foram pesados em balança de precisão (Modelo Marte, AS 2000C). De acordo com a NBR 13818:1997, os corpos de prova foram secos em estufa a 110°C durante um período de 24h até se obter massa constante, isto é, até que a diferença entre as sucessivas pesagens efetuadas em um intervalo de 24h fosse menor que 0,1% (ABNT, 1997). Logo após esse período os corpos de prova foram resfriados em dessecador com sílica-gel até atingirem a temperatura ambiente.

Imediatamente após esse procedimento, os corpos de prova foram submersos em um recipiente com água fervente por 2h, sendo retirados após esse período e removido o excesso de água da superfície com um pano umedecido, para que este não absorvesse a água do material cerâmico. Os corpos de prova foram novamente pesados para se obter o valor da massa saturada. A absorção de água é dada pela porcentagem em massa da quantidade de água absorvida pelo corpo de prova após o processo de sinterização. De acordo com os resultados dos ensaios de absorção de água, pôde-se verificar que, com aumento da temperatura de sinterização, as misturas sofreram redução da absorção de água conforme a Tabela 4. A amostra AM0 sinterizada a 1100°C apresentou uma menor absorção de água comparada com as outras amostras. Portanto, os melhores resultados foram verificados nas amostras sintetizadas a 1100°C , apresentando menores valores de absorção de água. Segundo a NBR 15310:2005 e NBR 15270:2005, para tijolos maciços e blocos cerâmicos este valor deve ser inferior a 25% (ABNT, 2005a), já para telhas de cerâmicas o valor máximo é de 20% (ABNT, 2005b), que foram alcançados em quase todas as composições sinterizadas a 850, 950 e 1100°C , exceto as amostras AM0 e AM20, ambas sinterizadas a 850°C , que ultrapassaram o limite de 20%.

Tabela 4 - Análise de absorção de água (%)

Absorção de água nas amostras (%)				
Amostras	T = 850°C	T = 950°C	T = 1100°C	Média
AM0	20,38	19,81	11,90	17,36 $\pm$ 4,74
AM5	18,38	19,57	13,64	17,20 $\pm$ 3,14
AM10	17,84	19,58	14,15	17,19 $\pm$ 2,77
AM15	17,89	19,85	14,36	17,36 $\pm$ 2,78
AM20	20,33	19,47	14,67	18,16 $\pm$ 3,05
AM25	19,09	19,78	14,77	17,88 $\pm$ 2,71
Média	18,99 $\pm$ 1,15	19,67 $\pm$ 0,16	13,92 $\pm$ 1,07	-

Percebe-se, através da análise dos resultados expostos pela Tabela 4, que a absorção de água está intrinsecamente ligada à temperatura de sinterização, havendo mais variabilidade para valores encontrados para amostras com diferentes concentrações de pó de lapidação que para os valores de absorção em diferentes temperaturas utilizada e mesma concentração desses resíduos. Isso aponta que, quanto à absorção de água, a utilização desses rejeitos na

indústria cerâmica pode ser feita em concentrações consideráveis, desde que a sinterização seja realizada em temperaturas mais elevadas.

3.3 Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura-MEV

Após a secagem das amostras na dessecadora durante 24h, realizou-se análise por MEV das amostras com amplitude de 1000 vezes, com o objetivo de verificar a existência de poros e fissuras, que, em grande quantidade, diminuem a resistência e a durabilidade do material cerâmico. Alguns resultados para amostras sinterizadas a 1100°C foram escolhidos para expor a influência da concentração de pó de lapidário nas amostras sinterizadas numa mesma temperatura, estes podem ser vistos na Figura 1.

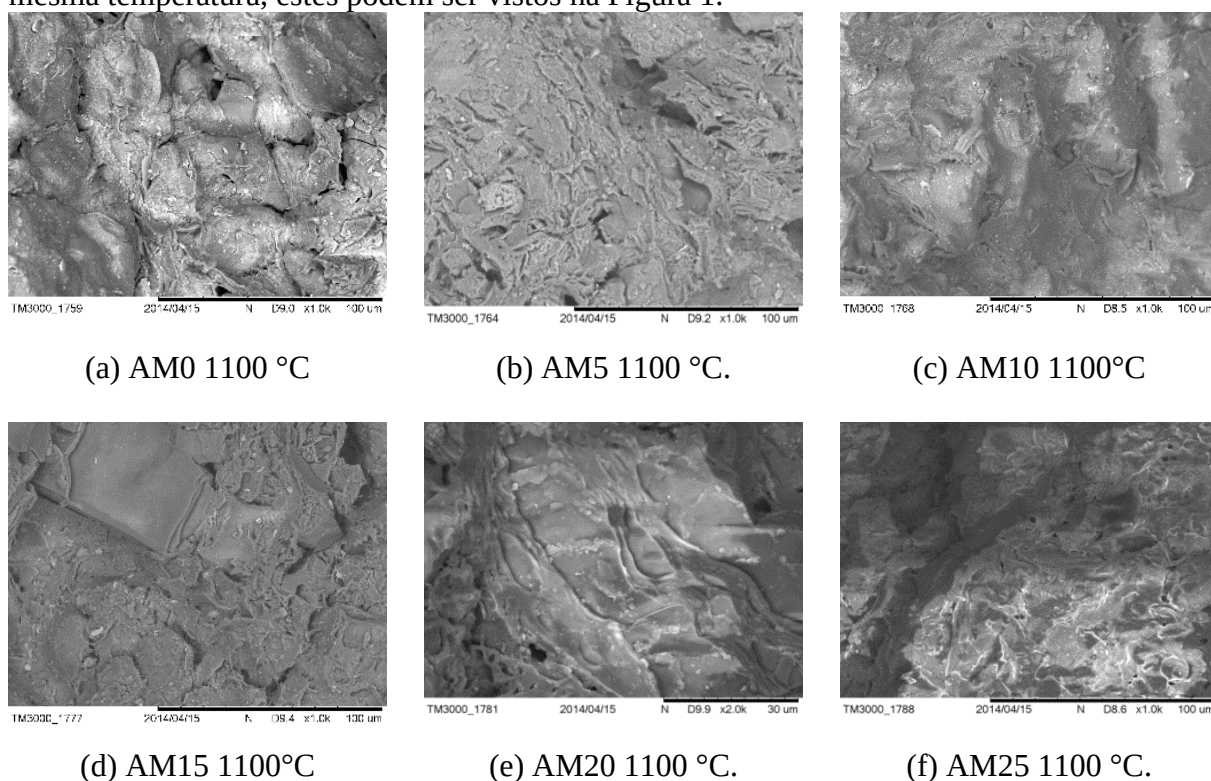


Figura 1. Análises de microscopia eletrônica de varredura das amostras (a) AM0, (b) AM5, (c) AM10, (d) AM15, (e) AM20 and AM25

De maneira geral, micrografias apresentaram uma superfície pouco rugosa e pouco porosa para todas as amostras analisadas, sendo as amostras sinterizadas a 1100 °C as que apresentam menos quantidade de poros, um sinal de vitrificação e soldagem dos grãos. No entanto, quanto à fissuração foram encontradas fissuras principalmente nas amostras AM0, AM5, AM15 e AM20 sinterizadas a 1100°C e AM15 sinterizada a 850°C, poucos poros também são encontrados nas amostras AM10, AM15 e AM25 sinterizadas a 1100°C e AM10 e AM15 sinterizadas a 850°C. As Figuras b, c, d, e, f, g, h e i mostram as microscopias das amostras descritas acima. Na faixa de temperatura de 1000 a 1200°C ocorre a formação da fase líquida e fusão dos CaO e FeO₂, o que acarreta menor porosidade nas amostras sinterizadas a 1100°C (Pinto *et al.*, 2010).

A medida proposta neste trabalho afeta diretamente todos os lapidários da região e indiretamente a sociedade que terá um destino para os resíduos dessa atividade e consequente diminuição dos impactos causados pelo despejo incorreto dos rejeitos, bem como a

possibilidade de aplicação dos mesmos na obtenção de novos produtos de valor agregado como uma matéria-prima alternativa de baixo custo.

O aproveitamento do pó de pedra processado nos lapidários da região do Vale do Mucuri é uma forma de se obter um menor impacto ambiental e social que são situações que de alguma forma vão causar prejuízos à população e com base nos resultados apresentados pôde-se observar que as amostras AM10 e AM15 sinterizadas a 850°C e as amostras AM0, AM5, AM15, AM20 e AM25 sinterizadas a 1100°C apresentaram resultados satisfatórios e dentro dos padrões como a plasticidade e a faixa de absorção de água, exigidos pela ABNT. Este estudo conclui que o pó de lapidário pode ser útil para ser utilizado na produção de peças cerâmicas vermelhas. Por sua vez, os resultados mostraram que a adição do biopolímero quitosana promoveu a modificação da porosidade dos materiais compósitos cerâmicos, com uma melhora na vitrificação dos compostos e melhoria das suas propriedades.

4 Conclusão

O aproveitamento do pó de pedra processado nos lapidários da região do Vale do Mucuri é uma forma de se obter um menor impacto ambiental e social que são situações que causam prejuízos à população. E, com base nos resultados satisfatórios dos experimentos, conclui-se que o pó de lapidário pode ser utilizado na produção de peças cerâmicas vermelhas, dando preferência para processos de sinterização a temperaturas mais altas, em torno de 1100°C, sem prejudicar a qualidade dos materiais cerâmicos. Pode-se afirmar também, que os resultados se mostraram satisfatórios quanto à adição do biopolímero quitosana com relação à modificação da porosidade dos materiais compósitos cerâmicos. Desta forma, foi possível constatar que a baixa porosidade nas amostras e taxa de absorção dentro das exigências das normas da ABNT, demonstram a viabilidade técnico ambiental na utilização de pó de lapidário e quitosana para a produção de material cerâmico.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do LMMA patrocinado pela FAPEMIG (CEX-112-10), SECTES / MG e RQ-MG (FAPEMIG: CEX-RED-00010-14) e ao GEPAEQ-Grupo de Estudos e Pesquisas Aplicadas à Engenharia Química/UFVJM.

Referências

- ALBERO, J. L. A. **A operação de prensagem: considerações técnicas e sua aplicação industrial. Parte I: O preenchimento das cavidades do molde.** Cerâmica Industrial, v. 5, n. 5, p. 23-28, 2000.
- ALVES, W. A.; BALDO, J. B. **O potencial de utilização de um resíduo argiloso na fabricação de revestimento cerâmico, parte I-caracterização.** Cerâmica Industrial, v. 2, n. 5/6, p. 38-40, 1997.
- AMORIM, F. R. **Co-processamento de dregs em argila para produção de cerâmica vermelha.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.
- AQUINO, T. F.; FÁVERI, R. F.; RIELLA, H. G.; TOMAZZOLI, E. R. CARVALHO, E. F. **Caracterização físico-química e mineralógica da bauxita de Santa Catarina para a produção de refratários com baixo teor de óxido ferro.** 17º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguaçu, Brasil. 767-778, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7181: Solo – análise granulométrica.** Rio de Janeiro, Brasil. 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13818: Placas cerâmicas para revestimento – especificação e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro, Brasil.1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15270:Componentes cerâmicos.** Rio de Janeiro, Brasil.2005a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15310: Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, Brasil.2005b.

BRUXEL, F. R.; OLIVEIRA, E. C.; STULP, S.; MULLER, C. S.; ETCHEPARE, H. **DEstudo da adição de resíduo (lodo) de gemas na massa cerâmica vermelha.** Cerâmica. São Paulo, v. 58, n. 346, p. 211-215, 2012.

BUSTAMANTE, G. M.; BRESSIANI, J. C. **A indústria cerâmica brasileira.** Cerâmica industrial, v. 5, n. 3, p. 31-36, 2000.

COPAM - Comissão de Política Ambiental de Minas Gerais. **Deliberação normativa nº 83. Minas Gerais,** Brasil.2005.

MENEZES, R. R. NEVES, G. D. A.; FERREIRA, H. C. **O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativ como matérias-primas cerâmicas alternativas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 2, p. 303-313, 2002.

OLIVEIRA, Antonio Pedro Novaes de; HOTZA, Dachamir. **Tecnologia de fabricação de revestimentos cerâmicos.** Editora da UFSC, 2015.

PINTO, R. C. A.; CARNEIRO, J. M.; LUZ, J. C.; ANDRADE, J. C. S.; MACEDO, D. A.; DUTRA, R. P. S.; NASCIMENTO, R. M. **Estudo de formulações para aplicação em placas cerâmicas.** In: VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2010, Campina Grande, Brasil.

RAMOS, R.; FERREIRA, L. R. **A importância do capital social no sistema nacional de inovação para o arranjo produtivo local de gemas de Teófilo Otoni.** In: XIII Seminário sobre a Economia Mineira, Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008, Belo Horizonte, Brasil.

SOUZA, A. J.; PINHEIROS, B. C. A. HOLANDA, J. N. F. 2011. **Efeito da adição de resíduo de rocha ornamental nas propriedades tecnológicas e microestrutura de piso cerâmico vitrificado.** Cerâmica, v. 57, p. 212-218, 2011.

VIEIRA, C. M. F.; HOLANDA, J. N. F.; PINATTI, D. G. 2000. **Caracterização de massa cerâmica vermelha utilizada na fabricação de tijolos na região de Campos dos Goytacazes-RJ.** Cerâmica, v. 46, n. 297, p. 14-17, 2000.