

## III-299 – ESTUDO DA ADIÇÃO DO GLICEROL EM MATRIZ CERÂMICA

### **Rafael Martins da Silva<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul. Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul. Doutorando em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul.

### **Sabrina Arcaro<sup>(2)</sup>**

Tecnóloga em Cerâmica pela Universidade do Extremo Sul Catarinense, Mestre em Ciências e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Santa Catarina, Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais de Santa Catarina. Pós-Doc no Programa de Pós Graduação de Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

### **Tiago Bender Wermuth<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul. Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutorando em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

### **Pâmela Andréa Mantey dos Santos<sup>(4)</sup>**

Física pelo Centro Universitário Franciscano. Mestre em Nanociências pelo Centro Universitário Franciscano. Doutora em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pós-Doc no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul.

### **Diosnel Antonio Rodriguez Lopez<sup>(5)</sup>**

Engenheiro de Minas pela Universidade Federal de Ouro Preto. Mestre em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutor em Engenharia de Materiais, Metalurgia e Meio Ambiente - Technische Universität Berlin. Docente no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e no Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias da Universidade de Santa Cruz do Sul.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Independência, 2293 – Santa Cruz do Sul - RS - CEP: 96815-900 - Brasil - Tel: (55) 3717-7545 - e-mail: [rafaelmartins26@yahoo.com.br](mailto:rafaelmartins26@yahoo.com.br)

## **RESUMO**

O presente trabalho avalia os efeitos de porosidade e resistência mecânica da agregação de um resíduo oleoso, o glicerol, como matéria-prima secundária na produção de materiais cerâmicos. As amostras foram compactadas por prensagem uniaxial e submetidas a temperaturas de queima de 950 °C e 1100°C, com taxa de aquecimento de 7 °C/min. Foram realizados ensaios físicos e mecânicos para analisar porosidade aparente, absorção de água, retração linear e resistência mecânica a flexão. Os resultados mostram que a adição de 10% de glicerol à argila melhora principalmente suas propriedades mecânicas, podendo ser um aditivo promissor para gerar materiais cerâmicos estruturais com microestrutura mais resistente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo, biodiesel, glicerol, argila, cerâmica.

## **INTRODUÇÃO**

Impulsionado pela escassez das fontes de energias não renováveis, como o carvão e o petróleo, o biodiesel está cada vez mais em evidência quando se fala em sustentabilidade e alternativa energética. O biodiesel é obtido a partir da reação de transesterificação de um óleo com um álcool, podendo ser produzido de diversas plantas, como o girassol e a mamona, além de sebo bovino e, pode substituir o diesel de petróleo em motores que o utilizam, sem qualquer tipo de adaptação (1). Porém, esta produção não apresenta apenas benefícios, pois gera subprodutos, como o glicerol, que é um composto orgânico, também conhecido como glicerina ou propano-1,2,3-triol, que representa 10% do total da massa de biodiesel produzida (2-4).

A agregação de resíduos industriais na fabricação de cerâmica vermelha utilizadas na construção civil (tijolos, blocos, telhas, tavelas, elementos vazados, tubos cerâmicos e argilas expandidas) vem sendo amplamente estudada por ser uma excelente alternativa para a valorização de resíduos, bem como na inovação das técnicas de produção, serviços e no desenvolvimento de novos materiais (5-7). O desenvolvimento de estudos voltados agregação de resíduos industriais e urbanos na indústria cerâmica, representa uma alternativa capaz de contribuir para o uso de matérias-primas alternativas e diminuir os custos finais dos setores industriais geradores e

consumidores de resíduos, além de preservar o meio ambiente (6, 8). Portanto, uma excelente alternativa para o uso do glicerol residual da produção do biodiesel é a sua agregação em matriz cerâmica, uma vez que, além de melhorar características físicas e mecânicas, diminui a utilização da matéria prima amenizando os impactos ambientais associados à extração da mesma.

A proposta deste trabalho é explorar o uso do glicerol comercial adicionado à matriz cerâmica como forma de avaliação prévia e definição de parâmetros e, observar os efeitos desta adição nas propriedades físicas e mecânicas da cerâmica, buscando alternativas para a valorização do resíduo da produção do biodiesel concomitante a diminuição da utilização da argila, o principal produto na produção de materiais cerâmicos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

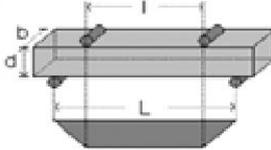
Este trabalho foi realizado nas dependências do Laboratório de Valoração e Coprocessamento de Resíduos (LAVCOR) da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). A argila utilizada neste estudo foi gentilmente fornecida por uma indústria cerâmica da cidade de Candelária-RS. O glicerol comercial (marca Synth) utilizado não sofreu nenhum tipo de preparação. Inicialmente a argila foi seca a temperatura ambiente por 24 h e, em seguida, foi seca em estufa a 110 °C, por 24 h. Posteriormente, foi submetida ao processo de cominuição em um jarro de porcelana, contendo bolas de alumina, por aproximadamente 5 min em moinho rápido de laboratório (Servitech CT-242), até o pó ficar 100% passante em peneira 80 mesh.

A composição química da argila foi realizada por meio da técnica de Fluorescência de Raios – X (FRX) em um equipamento *Shimadzu Sequential X-ray Fluorescence Spectrometer*. As análises térmicas diferencial (ATD) e termogravimétrica (TG) dos materiais foram realizadas em um equipamento TA instruments, SDT - 600, a 10 °C/min em atmosfera oxidante. A curva de retração térmica linear da argila foi obtida por meio de um dilatômetro ótico (Expert System solutions, Misura ODHT) com temperatura de operação até 1350 °C. Parte da argila foi misturada e homogeneizada manualmente com 10% (massa) de glicerol e umidificadas com 2% de água. A argila pura e a mistura de argila com glicerol foram, em uma etapa posterior, compactadas uniaxialmente em matriz de aço por meio de uma prensa hidráulica a 40 MPa.

Os corpos de prova obtidos, com 60 x 20 mm, foram secos 24 h em temperatura ambiente e submetidos a secagem em estufa a 110 ± 10 °C por 48 h. Posteriormente os compactos foram submetidos ao processo de queima em diferentes temperaturas, ou seja, 950 °C e 1100 °C, ambas com taxa de aquecimento de 7 °C/min e submetidos a diferentes medidas e análises.

Na Tabela 1 constam as descrições dos ensaios físicos e mecânicos realizados nas amostras e, na Tabela 2, a classificação de cada uma das amostras analisadas de acordo com a temperatura em que foi sinterizada, quantidade de glicerol e nomeia cada uma delas:

**Tabela 1: Descrição dos ensaios físicos e mecânicos.**

ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS	DESCRIÇÃO		NORMA
Absorção de Água (AA)	Representa o aumento de peso do material úmido em relação ao seco	$AA = \left( \frac{M_u - M_s}{M_s} \right) * 100$	ASTM C - 373/94-88
Porosidade Aparente (PA)	Consiste na saturação do corpo cerâmico por 24 h em água	$PA = \left( \frac{M_u - M_s}{M_u - M_i} \right) * 100$	ASTM C - 373/94-88
Retração Linear (RLQ)	Relaciona as dimensões dos corpos cerâmicos após a secagem e após a queima	$RLQ = \left( \frac{L_i - L_f}{L_f} \right) * 100$	ASTM C - 210/95
Resistência mecânica à flexão a quatro pontos (TRF)	Consiste na determinação em relação à oposição oferecida pelo corpo de prova quando flexionado a quatro pontos	$TRF = \frac{3 \cdot P \cdot (L - l)}{2 \cdot b \cdot h^2}$  <p>(Figura adaptada de (9)).</p>	ASTM C - 133/97

**Tabela 2: Nomenclatura das amostras obtidas.**

COMPOSIÇÃO DO CORPO DE PROVA	TEMPERATURA DE QUEIMA	NOMENCLATURA DA AMOSTRA
100% Argila	950 °C	100A950
90% Argila + 10% de Glicerol	950 °C	10G950
100% Argila	1100 °C	100A1100
90% Argila + 10% de Glicerol	1100 °C	10G1100

Amostras foram seccionadas e a superfície de fratura foi observada por meio de análise em microscópio eletrônico de varredura (MEV, Evo-MA10, Carl Zeiss).

A Figura 1 apresenta o fluxograma contendo as principais etapas envolvidas no processo.

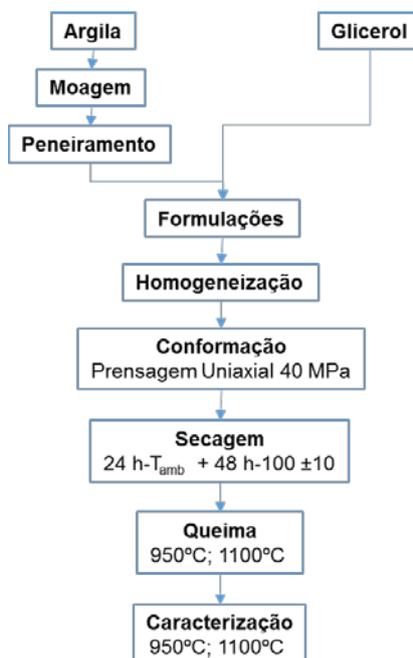


Figura 1: Fluxograma do processo adotado.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição química da argila, obtida por fluorescência de raios - X (FRX), foi de 64,27% de  $\text{SiO}_2$ ; 15,40% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 5,23% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 2,46% de  $\text{K}_2\text{O}$ ; 0,32% de  $\text{CaO}$ ; 0,78% de  $\text{TiO}_2$ ; 0,78% de  $\text{MgO}$ ; 0,06% de  $\text{MnO}$ ; 0,04% de  $\text{ZrO}_2$ ; 0,02% de  $\text{SrO}$ ; 0,10% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 0,02% de  $\text{Rb}_2\text{O}$ ; 0,01% de  $\text{ZnO}$ ; 10,48% de Perda ao Fogo. Pela análise da composição química da argila, é possível observar que a mesma é composta basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). A razão molar  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$  é 4,17. Esse valor é relativamente elevado se comparado ao valor teórico (2,00) calculado para a caulinita, o que sugere a presença de quartzo e outros silicatos. O melhor desempenho da argila utilizada está associado ao teor de sílica pois, confere resistência na fabricação de cerâmica vermelha, reduzindo a plasticidade e controlando a retração de queima. A Figura 2 apresenta as curvas de análise térmica diferencial (ATD) e termogravimétrica (TG).

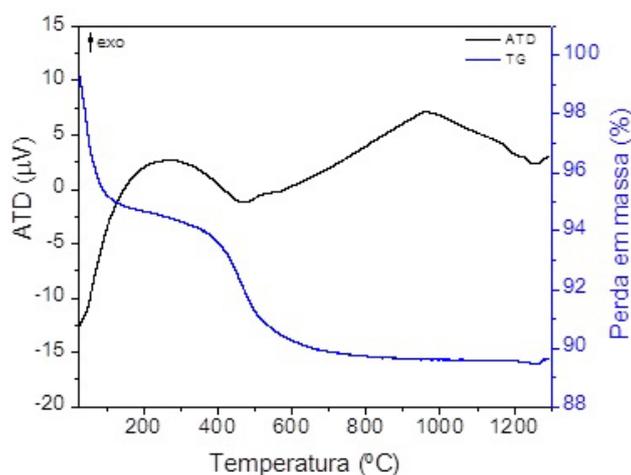
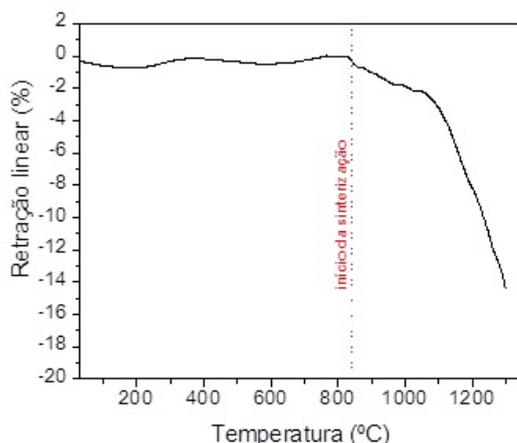


Figura 2: Análise térmica diferencial e termogravimétrica da argila.

Pela análise de termogravimetria (Perda em massa, TG) (Figura 2), observa-se que há uma perda de massa total de aproximadamente 11%. A primeira etapa desta perda em massa corresponde a 5% e ocorre na faixa de temperatura de 30 a 100 °C, e se refere a eliminação da umidade (água adsorvida) presente no material. A

segunda etapa, corresponde a 6% de perda em massa na faixa de temperatura de 450 a 600 °C, acompanhada de um pico endotérmico na curva de análise térmica diferencial (ATD), o que corresponde à temperatura de desidroxilação da caulinita, na qual o íon OH- estrutural é liberado na transformação da caulinita em metacaulinita (10-12). Também nessa faixa de temperatura a presença de quartzo pode ser detectada a 573°C, com a transformação  $\alpha \rightarrow \beta$  (13), com um leve pico exotérmico na curva de ATD. Em aproximadamente 980 °C, o pico exotérmico correspondente a formação de mulita ( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ) (14-16).



**Figura 3: Retração linear da matriz cerâmica.**

Pela análise da Figura 3, pode-se observar que o processo de retração/densificação da argila tem início em aproximadamente 850 °C seguindo na mesma taxa em torno de 1100 °C. A partir de 1100 °C observa-se uma mudança na inclinação da curva de retração que provavelmente está relacionada à formação de fase líquida que promove a aproximação das partículas com consequente retração da peça.

Os resultados de absorção de água, porosidade aparente, retração linear de queima dos corpos de prova, densidade aparente de queima e resistência mecânica, são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3: Absorção de água (AA), porosidade aparente (PA), retração linear de queima (RLQ), densidade aparente de queima ( $\rho_{ap}$ ) e resistência mecânica (TRF).**

AMOSTRA	AA (%)	PA (%)	RLQ (%)	$\rho_{ap}$ (g/cm <sup>3</sup> )	TRF (MPa)
100A950	15,24±0,69	27,31±1,06	0,88±0,38	1,77±0,05	5,81±0,81
10G950	14,96±0,26	26,09±0,36	1,02±0,35	1,77±0,05	7,23±0,77
100A1100	10,98±0,44	21,12±0,48	3,58±0,18	1,90±0,03	8,88±1,64
10G1100	10,69±0,67	21,41±1,48	3,79±0,22	1,87±0,03	9,82±2,20

É possível observar, com relação à absorção de água, que as amostras queimadas na temperatura de 950 °C possuem uma maior absorção com relação as amostras queimadas na temperatura de 1100 °C. Este fato, pode ser explicado pela porosidade do material, característico da queima a esta temperatura. Aumentando-se a temperatura de queima para 1100 °C, percebe-se uma redução na absorção de água, o que é esperado já que ocorre formação de uma fase vítrea nestas condições, o que deixa o material mais denso, ou seja, menos poroso (17-20). Para as duas temperaturas de queima não foram observadas alterações significativas da absorção de água com a adição do glicerol. Observa-se também, pela análise da Tabela 3, que ocorre um aumento na retração linear com o aumento da temperatura de queima de 950 °C para 1100 °C, o que é esperado devido a formação da fase vítrea formada, o que ocasiona um aumento da retração (21). A quantidade de água absorvida é proporcional à quantidade de poros abertos que há no material, sendo que em sinterizações apropriadas, espera-se uma quantidade mínima de poros abertos. Observa-se que com a utilização do glicerol, ocorre um aumento nos valores de retração, o que já era esperado, já que o glicerol é eliminado durante o processo de queima, restando apenas a matriz cerâmica. Os valores de retração mais baixos foram obtidos para as amostras sinterizadas a temperaturas mais baixas, 950 °C (22). Além disso, pode-se observar que os valores obtidos para a densidade aparente após a queima para as amostras com e sem a agregação do glicerol são bem similares, o que demonstra que o glicerol não afeta na densidade aparente material final. Ainda com relação à agregação do glicerol, o mesmo não provocou alterações significativas para a absorção, porosidade e retração do material, fato importante, pois sua agregação à argila manteve as propriedades físicas da mesma, diminuindo a quantidade

de argila a ser utilizada no processo ao mesmo tempo em que agrega valor ao resíduo da produção do biodiesel. Com relação à resistência mecânica, pode-se observar um aumento com o aumento da temperatura de queima, uma vez que há uma diminuição da porosidade quando se aumenta a temperatura, caracterizando o início da fase vítrea (9, 23-27). Vale salientar que a adição do glicerol aumenta a resistência mecânica dos corpos de prova, para as duas temperaturas de queima.

Segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) apresentadas na Tabela 4, os resultados de absorção de água servem como parâmetro para sua classificação do material e utilização como telhas ABNT NBR 15310:2009 (28), blocos cerâmicos ABNT NBR 15270-3:2005 (29) e placas cerâmicas de revestimento ABNT NBR 13818:1997 (30).

**Tabela 4. Classificação dos materiais cerâmicos quanto à absorção de água.**

MATERIAIS CERÂMICOS	ABSORÇÃO DE ÁGUA
Telhas ABNT NBR 15310:2009	Valores menores ou iguais a 18%.
Blocos cerâmicos ABNT NBR 15270-3:2005	Valores entre 8 e 18%.
Placas de revestimento ABNT NBR 13818:1997	Pode variar entre 0,5 e 10% ou superior a este, dependendo do material.

De acordo com essa classificação, os corpos de prova constituídos de argila e glicerol queimados a 1100 °C se enquadrariam tanto para a fabricação de telhas quanto para blocos cerâmicos.

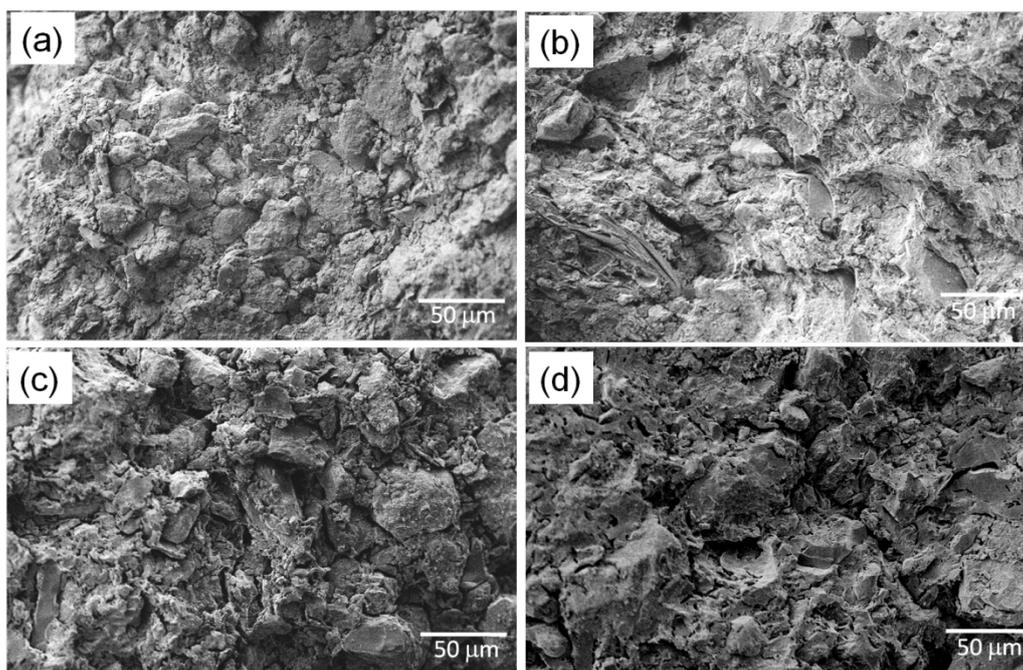
A Tabela 5 apresenta a classificação quanto à resistência mecânica, de acordo com a ABNT, para telhas ABNT NBR 15310:2009 (28), blocos cerâmicos ABNT NBR 15270-3:2005 (29) e placas cerâmicas de revestimento ABNT NBR 13818:1997 (30). Os valores de resistência mecânica são muito variáveis devido aos diferentes materiais que podem compor a massa cerâmica.

**Tabela 5. Classificação dos materiais cerâmicos quanto à resistência mecânica.**

MATERIAIS CERÂMICOS	RESISTÊNCIA MECÂNICA
Telhas ABNT NBR 15310:2009	Os valores podem variar entre 6,8 a 9,8, sendo no máximo 12,7 MPa.
Blocos cerâmicos ABNT NBR 15270-3:2005	Está dividido em classes, sendo o valor mínimo 1 MPa.
Placas de revestimento ABNT NBR 13818:1997	Pode variar entre 15 e 35 MPa, podendo ainda ser superior.

De acordo com a classificação, todos os corpos cerâmicos seguem os parâmetros para telhas e blocos cerâmicos, exceto a amostra 100AR950, o qual encontra classificação somente para bloco cerâmico. Portanto, as amostras contendo glicerol agregado, parecem promissoras do ponto de vista de resistência mecânica, tendo sido observada a diminuição do uso de argila e a agregação de resíduo como forma de valorização do mesmo, o que não afetou a função do material cerâmico.

A Figura 4 apresenta as micrografias das amostras 100A950 (a), 10G950 (b), 100A1100 (c) e 10G1100 (d).



**Figura 4: Micrografias das amostras 100A950 (a), 10G950 (b), 100A1100 (c) e 10G1100 (d).**

Pode-se observar, pela análise da Figura 5, que as amostras são bem semelhantes. A adição de glicerol não ocasionou diferenças microestruturais significativas que possam estar relacionadas a um aumento da porosidade, por exemplo. Sua agregação à argila manteve as propriedades da mesma, diminuindo a quantidade de argila a ser utilizada no processo. Além disso, é possível observar que as amostras queimadas a 1100 °C (c, d) possuem uma melhor homogeneidade microestrutural se comparadas com as amostras queimadas a 950 °C (a, b). Essa melhor homogeneidade microestrutural pode refletir em uma melhoria nas propriedades mecânicas.

## CONCLUSÕES

A adição do glicerol a argila para obtenção de um material cerâmico apresentou resultados satisfatórios. Com a adição do glicerol, não houve alterações significativas para absorção de água e porosidade aparente do material cerâmico. Sua agregação à argila manteve as propriedades físicas da mesma, diminuindo a quantidade de argila a ser utilizada no processo ao mesmo tempo em que agrega valor ao resíduo da produção do biodiesel. Melhorias quanto à resistência mecânica foram comprovadas e, mesmo não havendo alterações significativas quanto à absorção de água, o estudo da adição de alguns aditivos poderia melhorar esta característica, buscando um material com as propriedades necessárias para aceitação no mercado. Ainda, a utilização do glicerol reduz o gasto com matérias-primas naturais, como a argila. Apesar de a quantidade agregada não ser grande, quando se pensa em escala industrial os resultados obtidos neste trabalho podem levar a diferenças que podem ser bastante significativas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MOTA, C.J.A., SILVA, C.X.A., GONÇALVES, V.L.C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. *Química Nova*. 2009;32:639-48.
2. GAMA, P.E., GIL, R.A.S.S., LACHTER, E.R. Produção de biodiesel através de transesterificação in situ de sementes de girassol via catálise homogênea e heterogênea. *Química Nova*. 2010;33:1859-62.
3. BEATRIZ, A., ARAÚJO, Y.J.K., LIMA, D.P. Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses estereosseletivas. *Química Nova*. 2011;34:306-19.
4. TAN, H.W., ABDUL AZIZ, A.R., AROUA, M.K. Glycerol production and its applications as a raw material: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013;27:118-27.

5. GODINHO, K.O., HOLANDA, J.N.F., SILVA, A.G.P., editors. Efeito da adição de vidro sobre propriedades de queima de uma argila vermelha, 2005.
6. CASAGRANDE, M.C., SARTOR, M.N., GOMES, V., DELLA, V.P., HOTZA, D., OLIVEIRA, A.P.N. Reaproveitamento de resíduos sólidos industriais: processamento e aplicações no setor cerâmico. *Cerâmica Industrial*. 2008;13(1/2):34-42.
7. MARTÍNEZ-GARCÍA C., ELICHE-QUESADA D., PÉREZ-VILLAREJO L., IGLESIAS-GODINO F.J., CORPAS-IGLESIAS F.A. Sludge valorization from wastewater treatment plant to its application on the ceramic industry. *Journal of environmental management*. 2012;95:S343-S8.
8. MORINI A.A., OLIVEIRA K.A., PEREIRA F.R., HOTZA D. Avaliação da Potencialidade do Uso de Resíduos Industriais através de Ferramenta de Seleção de Materiais para Projeto de Produtos Cerâmicos. *Cerâmica Industrial*. 2016;21(2).
9. TELOEKEN A.C., VILLANOVA D.L., BASEGIO T.M., BERGMANN C.P. Utilização de lodo galvânico como matéria-prima em cerâmica vermelha e caracterização dos corpos cerâmicos obtidos quanto a propriedades tecnológicas e a imobilização de metais. *Cerâmica Industrial*. 2011;16(2):14-9.
10. BELLOTTO M., GUALTIERI A., ARTIOLI G., CLARK S.M. Kinetic study of the kaolinite-mullite reaction sequence. Part I: kaolinite dehydroxylation. *Physics and Chemistry of Minerals*. 1995;22(4):207-17.
11. ZEMENOVÁ P., KLOUŽKOVÁ A., KOHOUTKOVÁ M., KRÁL R. Investigation of the first and second dehydroxylation of kaolinite. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2014;116(2):633.
12. WALKER G.F., COLE W.F., MACKENZIE R.C. The differential thermal investigation of clays. *Mineralogical Society, London*. 1957:191.
13. BENTAYEB A., AMOURIC M., OLIVES J., DEKAYIR A., NADIRI A. XRD and HRTEM characterization of pyrophyllite from Morocco and its possible applications. *Applied clay science*. 2003;22(5):211-21.
14. HAJJAJI M., KACIM S., ALAMI A., EL BOUADILI A., EL MOUNTASSIR M. Chemical and mineralogical characterization of a clay taken from the Moroccan Meseta and a study of the interaction between its fine fraction and methylene blue. *Applied Clay Science*. 2001;20(1):1-12.
15. ACCHAR W. *Materiais cerâmicos: caracterização e aplicações*. Natal-RN: Ed UFRN. 2006.
16. PEŠOVÁ A., ANDERTOVA J., GEDEON O. Hydrothermal Degradation of Ceramic Materials on the Natural Raw Materials Base. Part 2: Structural changes. *Ceramics-Silikáty*. 2010;54(2):176-81.
17. MOREIRA J.M.S., FREIRE M.N., HOLANDA J.N.F. Utilização de resíduo de serragem de granito proveniente do estado do Espírito Santo em cerâmica vermelha. *Cerâmica*. 2003;49:262-7.
18. FREITAS L.A., MONTEIRO S.N., SÁNCHEZ R., VIEIRA C.M.F. Incorporação de coque de petróleo em cerâmica vermelha. *Cerâmica*. 2011;57:206-11.
19. ANDRADE P.M., NETO H.S.N., MONTEIRO S.N., VIEIRA C.M.F. Efeito da adição de fonolito na sinterização de argila caulínica. *Cerâmica*. 2005;51:362-71.
20. SÁNCHEZ-MUÑOZ L., CAVA S.S., PASKOCIMAS C.A., CERISUELO E., LONGO E., CARDA J.B. Seleção de matérias-primas no desenvolvimento de formulações de massas cerâmicas. *Cerâmica*. 2002;48:108-13.
21. OLIVEIRA G.E., HOLANDA J.N.F. Reaproveitamento de resíduo sólido proveniente do setor siderúrgico em cerâmica vermelha. *Cerâmica*. 2004;50:75-80.
22. DINGER D.R. Utilização das sub-rotinas DRD para ajustar a retração de queima e a absorção de água de produtos extrudados. *Cerâmica Industrial*. 2004;9(3):24-9.
23. MOREIRA J.M.S, MANHÃES J.P.V.T., HOLANDA J.N.F. Reaproveitamento de resíduo de rocha ornamental proveniente do Noroeste Fluminense em cerâmica vermelha. *Cerâmica*. 2005;51:180-6.
24. VIEIRA C.M.F., SOARES T.M., MONTEIRO S.N. Massas cerâmicas para telhas: características e comportamento de queima. *Cerâmica*. 2003;49:245-50.
25. VIEIRA C.M.F., SALES H.F., MONTEIRO S.N. Efeito da adição de argila fundente íltica em cerâmica vermelha de argilas caulínicas. *Cerâmica*. 2004;50:239-46.
26. SOUZA G.P., HOLANDA J.N.F. Comportamento de sinterização de massas argilosas contendo resíduo proveniente do setor petrolífero. *Cerâmica*. 2003;49:128-32.
27. SILVA J.B., HOTZA D., SEGADÃES A.M., ACCHAR W. Incorporação de lama de mármore e granito em massas argilosas. *Cerâmica*. 2005;51:325-30.
28. \_\_\_\_\_. **NBR 15310**: Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Brasil, 2009.
29. \_\_\_\_\_. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio. Brasil, 2005.
30. \_\_\_\_\_. **NBR 13818**: Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios. Brasil, 1997.