

## ESTUDO DA VIABILIDADE DE USO DO CASCALHO DE PERFURAÇÃO DA BACIA POTIGUAR NA PRODUÇÃO DE PRODUTOS CERÂMICOS: INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO E TEMPERATURA DE QUEIMA

Leonardo Coutinho de Medeiros<sup>1,\*</sup>, Ana Paula Costa Câmara<sup>2</sup>, Daniel Araújo de Macedo<sup>1</sup>, Dulce Maria de Araújo Melo<sup>1</sup>, Marcus Antônio de Freitas Melo<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, NATAL, RN 59072-970

\*email: alg\_leonardo@hotmail.com

### RESUMO

*Um dos resíduos produzidos em grande escala durante a perfuração de poços de petróleo é o cascalho de perfuração e uma das alternativas de reaproveitamento deste resíduo, e objetivo deste trabalho, é a sua incorporação em matrizes argilosas. As matérias-primas utilizadas foram caracterizadas pelas técnicas de fluorescência de raios-X (FRX) e difratometria de raios-X (DRX). A fim de avaliar o efeito do teor de cascalho nas propriedades tecnológicas de peças cerâmicas, foram obtidas formulações contendo 0, 5, 10, 15, 25, 50, 75 e 100% em massa do cascalho. Após sinterização às temperaturas de 850, 950 e 1050 °C, as amostras foram submetidas a ensaios de absorção de água, retração linear, tensão de ruptura à flexão e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados obtidos indicaram que a incorporação de cascalho é uma alternativa viável para a fabricação de tijolos maciços de alvenaria e blocos cerâmicos em determinadas concentrações e temperaturas de queima. A incorporação deste resíduo além de amenizar um problema ambiental, reduz os custos com matérias-primas.*

**Palavras-chave:** Argila, cascalho de perfuração, propriedades tecnológicas, produtos cerâmicos.

## 1. INTRODUÇÃO

Na atividade de perfuração de poços de petróleo são gerados vários tipos de resíduos que, se não forem acondicionados e tratados de forma correta, podem ocasionar impactos ao meio ambiente. Por isso, quando a sonda de perfuração já está em operação, são realizadas tarefas que têm como objetivo minimizar e/ou corrigir esses impactos ambientais. Dentre estes resíduos destaca-se o cascalho de perfuração, que anteriormente não tinha um local definido para seu armazenamento<sup>(1)</sup>.

No Brasil, com o advento da lei de crimes ambientais (Lei 6938/1998), que responsabiliza o gerador do resíduo pela sua deposição final, as empresas e os órgãos ambientais têm se esforçado para que sejam empregadas técnicas de gerenciamento adequadas para a deposição do cascalho de perfuração. Assim, é necessário o emprego de tecnologias limpas que permitam o seu reaproveitamento ou reciclagem de forma eco-eco (econômica-ecológica)<sup>(2)</sup>.

Neste contexto, a argila vem sendo bastante utilizada como suporte de resíduos, devido a sua natureza heterogênea, geralmente constituída de materiais plásticos e não plásticos, com um vasto espectro de composições, motivo pelo qual permite a presença de materiais residuais de vários tipos, mesmo em porcentagens significantes<sup>(3)</sup>.

A indústria de cerâmica vermelha tem um papel relevante como receptora de resíduos sólidos visando sua disposição final. Essa incorporação, feita de maneira criteriosa, permite dar um destino ambientalmente correto para o cascalho de perfuração<sup>(3)</sup>.

Diante do que foi exposto, este trabalho apresenta um estudo preliminar acerca da incorporação e imobilização do cascalho de perfuração em matrizes argilosas. Avaliou-se a influência do teor de resíduo e da temperatura de queima nas propriedades tecnológicas das peças cerâmicas. Neste sentido, este trabalho agrega valor a uma matéria-prima que até então não tem sido utilizada em processos industriais.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A matéria-prima argilosa (MPA) utilizada neste trabalho foi cedida pela Cerâmica CAISA, localizada no município de Goianinha-RN. Apresentando

formulação 2:1, 2 medidas da argila “gorda” (maior plasticidade) e 1 medida de argila “magra” (menor plasticidade), a matéria-prima é a mesma utilizada no processo produtivo da empresa. A amostra de cascalho de perfuração é proveniente da perfuração de poços Onshore localizados no município de Serra do Mel-RN, região da Bacia Sedimentar Potiguar. O cascalho foi fornecido pela empresa CRIL Empreendimento Ambiental, situada no município de Belém do Brejo do Cruz-PB.

Na caracterização química por fluorescência de raios-X (FRX) utilizou-se um espectrômetro de fluorescência de raios-X da Shimadzu (EDX-720). As análises termogravimétricas (TG) e térmica diferencial (ATD) foram realizadas em equipamentos da Shimadzu (51/51H e 50/50H) utilizando taxa de aquecimento de 10 °C/min com atmosfera de ar. A caracterização mineralógica foi realizada por difração de raios-X (DRX) utilizando radiação Cu-K $\alpha$  em um difratômetro da Shimadzu (XRD-6000). Para a análise granulométrica utilizou-se um granulômetro a Laser, baseado na difração de luz e propriedades do espalhamento, modelo 1180L, da marca Cilas, com faixa de 0,04 a 2500  $\mu$ m. Aplicou-se o programa The Particle Expert, que calcula a estatística da distribuição de uma população de partículas por meio de transformações matemáticas complexas (transformada de Fourier inversa), com água como meio de dispersão.

Após a caracterização das matérias-primas, formularam-se massas cerâmicas contendo 0, 5, 10, 15, 25, 50, 75 e 100% em massa de cascalho. Os corpos-de-prova foram conformados por prensagem uniaxial (25 MPa) e submetidos à secagem em estufa na temperatura de 110 °C por 24 horas. As queimas foram realizadas nas temperaturas de 850, 950 e 1050 °C em forno elétrico de resistência Jung®, N° 4225, modelo 2314, com taxa de aquecimento de 10 °C/min e patamar de 30 minutos. A influência da concentração de cascalho e da temperatura de queima foi investigada considerando as seguintes propriedades tecnológicas: absorção de água (AA), retração linear de queima (RL<sub>q</sub>), porosidade aparente (PA), massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF). Em seguida, a MPA e as formulações contendo 10, 25 e 50% em massa de cascalho, após queima a 950° C, foram investigadas por microscopia eletrônica de varredura (Shimadzu, modelo SSX-550).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise química da MPA e do cascalho de perfuração, em percentagem mássica dos respectivos óxidos, obtidos por fluorescência de raios-X. A MPA mostra-se predominantemente constituída pelos óxidos de silício (54,9%), alumínio (27,8%) e ferro (6,4%), característicos de matérias-primas para a produção de cerâmica vermelha. Na composição química do cascalho de perfuração observa-se, além de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , a ocorrência de alto teor de  $\text{CaO}$  (35,3%), proveniente das rochas carbonáceas dos reservatórios petrolíferos da bacia sedimentar potiguar.

Tabela 1. Análise química da MPA e do cascalho de perfuração.

Determinações (%)	MPA	Cascalho
<b>P.F. (1000 °C)</b>	4,8	8,9
<b><math>\text{SiO}_2</math></b>	54,9	36,5
<b><math>\text{Al}_2\text{O}_3</math></b>	27,8	11,5
<b><math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math></b>	6,4	4,5
<b><math>\text{CaO}</math></b>	1,6	35,3
<b><math>\text{Na}_2\text{O}</math></b>	-	-
<b><math>\text{K}_2\text{O}</math></b>	4,0	2,7
<b><math>\text{MnO}</math></b>	0,08	0,09
<b><math>\text{TiO}_2</math></b>	0,99	0,81
<b>Somatório</b>	100,7	100,3

A Figura 1 apresenta o difratograma de raios-X da MPA. Os principais minerais detectados foram quartzo, caulinita e microclínio. O argilomineral predominante é a caulinita ( $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ ), evidenciada por seus picos característicos de forma bem definida. Em menor quantidade, mas ainda dentro do limite de detecção da técnica foi encontrado o microclínio ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ). A Figura 2 apresenta o difratograma de raios-X do cascalho de perfuração, onde foram identificados picos característicos do quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), caulinita ( $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ ) e microclínio ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ).

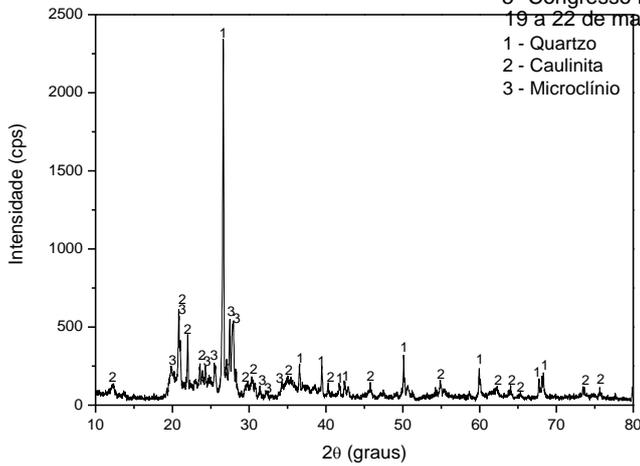


Figura 1. Difratograma de raios-X da MPA.

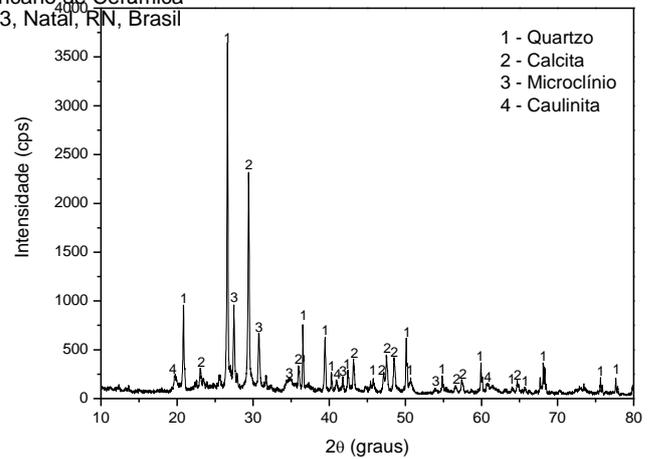


Figura 2. Difratograma de raios-X do cascalho.

A MPA e as formulações contendo 5, 10 e 15% em massa de cascalho de perfuração (Figura 3) apresentam absorção de água entre 9 e 12%. Além do teor de cascalho, esta propriedade tecnológica também se mostrou sensível ao aumento da temperatura de sinterização, devido à presença de elementos fundentes. Tais elementos contribuem para o fechamento dos poros, dificultando a absorção de água nas peças cerâmicas sinterizadas. Observa-se que com a adição de cascalho, a partir de 25%, ocorre um aumento significativo da absorção de água em relação ao material de partida (MPA), devido ao maior teor de carbonato de cálcio presente nas formulações<sup>4</sup>. A decomposição deste carbonato durante a queima favorece a formação de gases que geram um excesso de porosidade não compensado por elementos fundentes.

A Figura 4 ilustra o comportamento de retração linear em função do teor de cascalho e da temperatura de sinterização. A adição de até 15% em massa de cascalho contribui para uma leve retração das peças, sobretudo a altas temperaturas<sup>5</sup>. A partir de 25% em massa de cascalho o carbonato de cálcio contribui para a expansão das peças cerâmicas. De acordo com a Figura 5, as formulações com até 15% em massa de cascalho apresentam aumento da tensão de ruptura com a temperatura de sinterização. A partir de 25% de cascalho a quantidade de elementos fundentes nas formulações não é suficiente para compensar a formação de poros oriunda da decomposição do carbonato, reduzindo a tensão de ruptura.

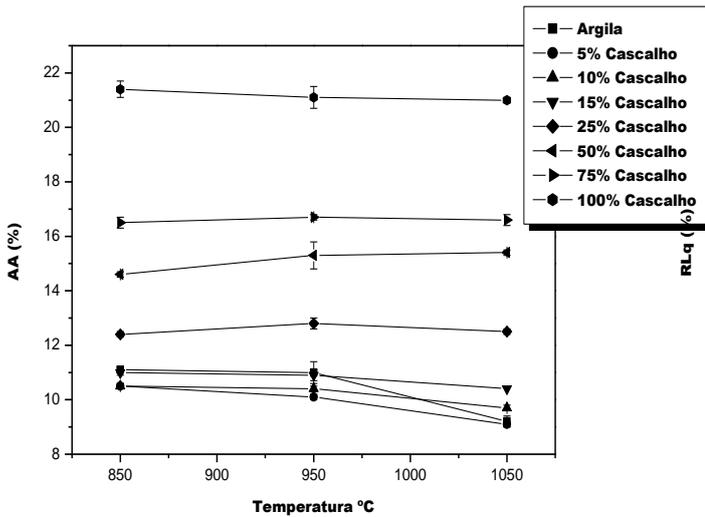


Figura 3. Absorção de água.

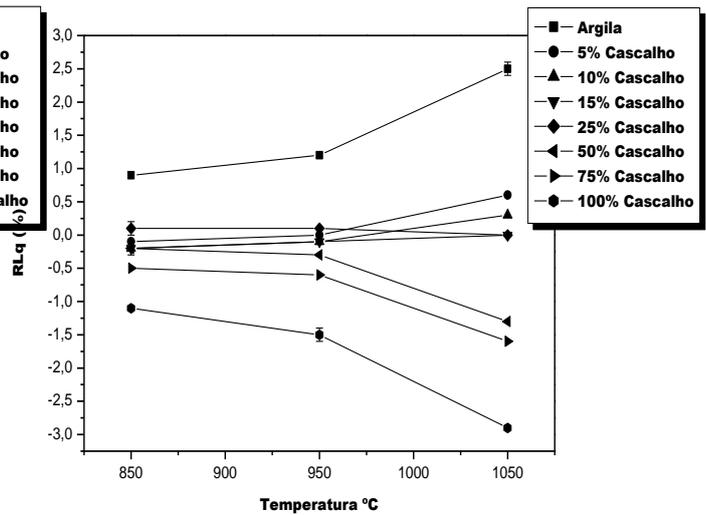


Figura 4. Retração linear de queima.

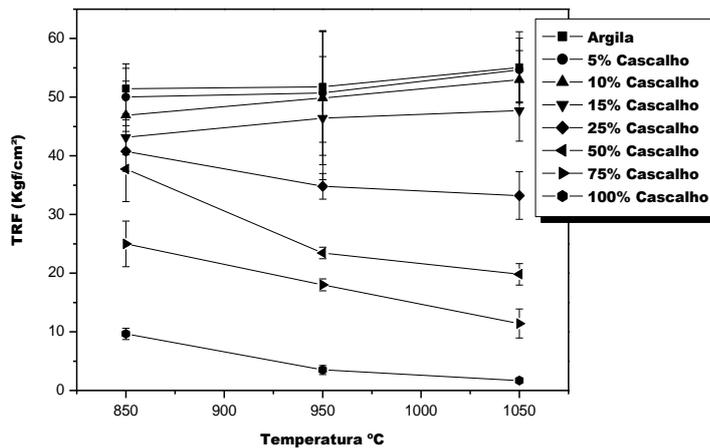
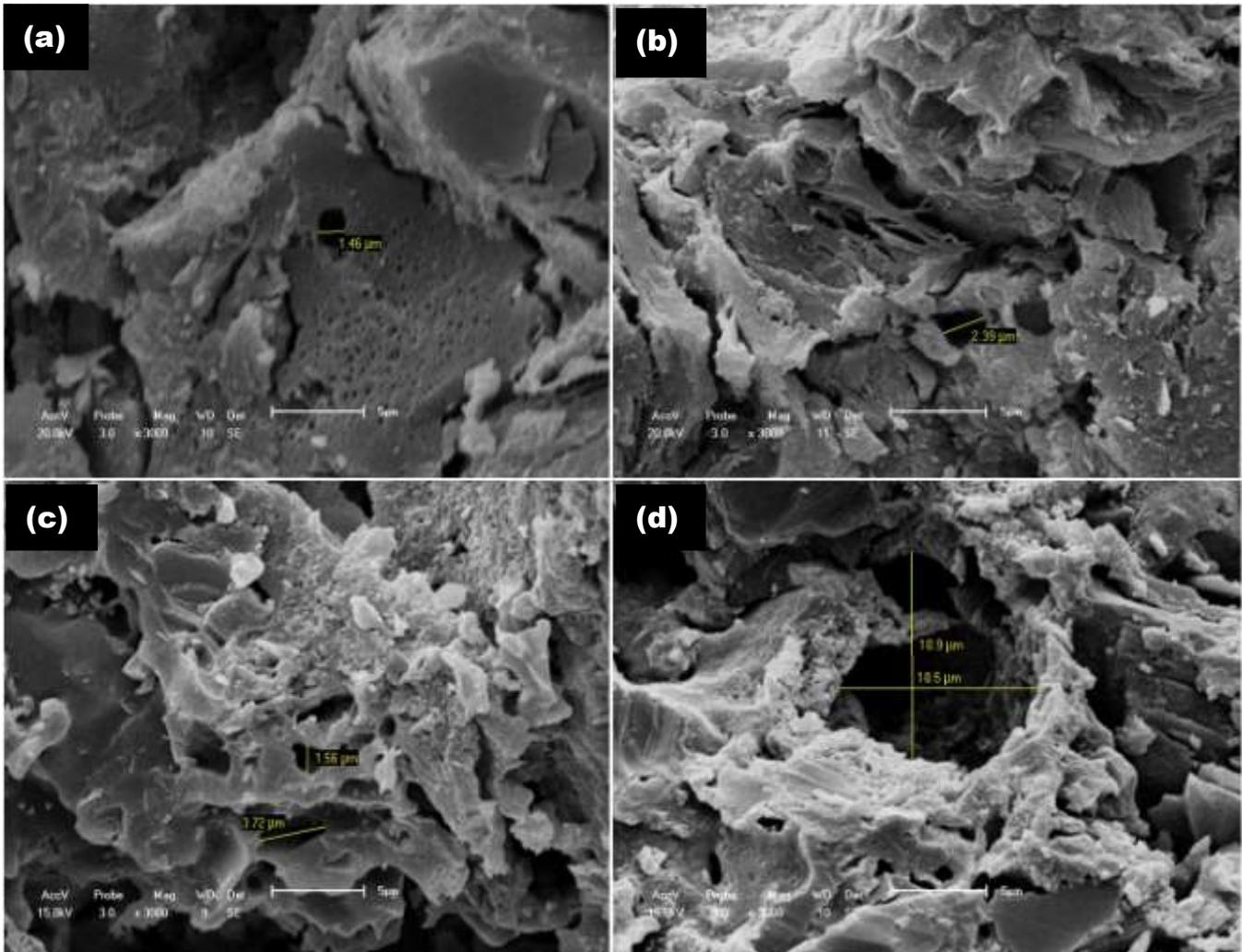


Figura 5. Tensão de ruptura à flexão.

A Figura 6 apresenta as micrografias obtidas por MEV das superfícies de fratura dos corpos cerâmicos sem adição de cascalho (a), com 10% (b), 25% (c) e 50% (d) em massa de cascalho, todas após queima a 950 °C. Como pode ser observado, há uma notável dependência entre o teor de cascalho na matriz argilosa e a microestrutura do produto cerâmico final. Na Figura 6(a) é evidente a presença de porosidade submicrométrica e poucos poros esféricos com dimensões inferiores a 2 µm, provavelmente associados à liberação de gases decorrente do processo de sinterização. Nas amostras contendo entre 10 e 50% em massa de cascalho (Figs b-d) observa-se maior rugosidade superficial, em comparação à cerâmica sem cascalho, e aumento da quantidade de poros com formatos irregulares e dimensões variando entre 2 e 11 µm. Tais micrografias confirmam os resultados de PA, AA e

TRF, sugerindo que concentrações de cascalho acima dos 10% promovem acentuada formação de microporos que atuam como sítios concentradores de tensão, contribuindo para diminuir a resistência mecânica das peças cerâmicas sinterizadas.



**Figura 6.** Micrografias obtidas por MEV das superfícies de fratura dos corpos cerâmicos sem cascalho (a), com 10% (b), 25% (c) e 50% (d) em massa de cascalho, todas após queima a 950° C.

#### 4. CONCLUSÕES

As matérias-primas estudadas apresentam como constituintes básicos caulinita ( $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ ), quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), e no caso do cascalho de perfuração significativa quantidade de CaO. A matéria-prima argilosa e as formulações contendo 5 e 10% em massa de cascalho, quando sinterizadas nas temperaturas de 850 e 950 °C, viabilizam a fabricação de tijolos maciços para alvenaria. Além disso, após sinterização a 1050 °C, também é possível produzir

blocos cerâmicos. Os resultados incidam que formulações com 15 a 50% de cascalho são viáveis para a fabricação de tijolo maciço para alvenaria em todas as temperaturas de sinterização. Por outro lado, quando o teor de cascalho é aumentado para 75% em massa, estes mesmos produtos cerâmicos podem ser obtidos apenas a 850 °C. As propriedades tecnológicas para peças cerâmicas contendo 75 a 100% de cascalho e sinterizadas entre 950 e 1050 °C estão fora dos padrões das normas vigentes <sup>(6,7)</sup>. Este trabalho cumpre a sua missão de apresentar um estudo preliminar acerca da incorporação do cascalho de perfuração à matriz cerâmica, amenizando um problema ambiental e reduzindo custos com matérias-primas.

## REFERÊNCIAS

- (1).** Silva, M. F. P.; Santos, J. B. Gestão de Resíduos em Sonda de Perfuração. TN Petróleo, n°. 62, p.176-180, 2008.
- (2).** Lucena, A. E. de F. L.; Rodrigues, J. K. G.; Ferreira, H. C.; Lucena, L. C. de F. L.; Lucena, A. L. de F. L. Caracterização Térmica de Resíduo de Perfuração “On Shore”. 4º PDPETRO, Campinas, SP. p. 1-8, 2007.
- (3).** Wender, A.A.; Baldo, B.B. O potencial da utilização de um resíduo argiloso na fabricação de revestimento cerâmico - Parte II. Cerâmica Industrial, São Paulo, v.3, n.1-2, p.34-36, 1998.
- (4).** Galdino, J. N. Influência da adição de calcita em argilas para uso cerâmico: Evolução de suas propriedades. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.
- (5).** Pires, P. J. M.; Junior, J. T. A.; Alexandre, J. Reciclagem de Resíduo E&P como Material de Construção. TN Petróleo, n. 63, p.110-115, 2008.
- (6).** ABNT NBR 07170, Tijolo Maciço para Alvenaria (1983).
- (7).** ABNT NBR 15270-1, Blocos Cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos (2005).

## **FEASIBILITY STUDY OF USE OF DRILL CUTTINGS OF POTIGUAR BASIN DRILLING IN THE PRODUCTION OF CERAMIC PRODUCTS: INFLUENCE OF CONCENTRATION AND TEMPERATURE FIRING.**

### **ABSTRACT**

*A waste produced on a large scale during the drilling of oil wells is the drill cuttings and an alternative to the reuse of this waste, and objective of this work is its incorporation in clay matrix. The raw materials used were characterized by the techniques of fluorescence of ray-X (FRX) and diffraction of ray-X (DRX). In order to evaluate the effect of gravel content of the technological properties of ceramic pieces were obtained formulations containing 0, 5, 10, 15, 25, 50, 75 and 100% by weight of gravel. After sintering at temperatures of 850, 950 and 1050 °C, sample were subjected to test of water absorption, linear retraction, resistance to flexion and electronic microscopy (MEV). The results indicated that the incorporation of gravel is a viable alternative for the manufacture of solid brick masonry and ceramic blocks in certain concentrations and firing temperatures. The incorporation of this residue plus soften an environmental issue, reduces costs for raw materials.*

**Key-words:** Clay, drill cuttings, technological properties, ceramic products