

## ESTUDO DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DAS ARGILAS DO MUNICÍPIO DE POÇO FUNDO-MG NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS

L. A. Gaspar Junior<sup>(1)</sup>; A. F. D. C. Varajão<sup>(2)</sup>; M. H. O. Souza<sup>(3)</sup>; M. M. T. Moreno<sup>(4)</sup>

<sup>1</sup>UNIFAL; <sup>2</sup>UFOP; <sup>3</sup>UFU; <sup>4</sup>UNESP.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza, Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro - Alfenas/MG. CEP: 37.130-000.

[lineo.gaspar@unifal-mg.edu.br](mailto:lineo.gaspar@unifal-mg.edu.br)

### RESUMO

*Este trabalho procurou fazer uma análise das propriedades mineralógicas (Descrição Macroscópica e Difração de Raios X), químicas (elementos maiores por Fluorescência por Raios X e Análise de Carbono Orgânico) e cerâmicas (Distribuição Granulométrica, Módulo de Ruptura à Flexão, Absorção de Água, Porosidade Aparente, entre outros) das argilas de várzea da região de Poço Fundo – MG, visando-se determinar se estas matérias primas apresentam uma boa aplicabilidade na confecção de tijolos. Foram coletadas 4 amostras das principais olarias do município, sendo estas nomeadas de PF-01, PF-02, PF-03 e MAC-01. As argilas da região de Poço Fundo são quartzosas, refratárias e cauliníticas, apresentando baixos teores em fundentes ( $K_2O$  e  $Na_2O$ ) devido ao intenso processo intempérico da área. O melhor resultado, em relação aos ensaios tecnológicos cerâmicos, foi obtido pela amostra PF-03 devido aos menores teores de sílica e aos teores mais elevados de matéria orgânica, sendo esta argila típica de área pantanosa.*

**Palavras-chave:** argilas, refratárias, caulinita, difração de raios X, tijolos.

## INTRODUÇÃO

As argilas correspondem a materiais resultantes da decomposição, durante milhões de anos, de rochas feldspáticas, sendo estes tipos de rochas muito abundantes na superfície da crosta terrestre. As argilas se classificam em duas categorias: argilas primárias e argilas secundárias ou sedimentares. As argilas primárias são formadas no mesmo local da rocha mãe e foram pouco atacadas pelos agentes atmosféricos. Possuem partículas mais grossas e coloração mais clara, são pouco plásticas, porém, o grau de pureza destas argilas é maior, assim como o ponto de fusão.

As argilas secundárias ou sedimentares são as que foram transportadas para mais longe da rocha mãe (geralmente de rochas do tipo cristalina e eruptiva como os feldspatos, granitos e basaltos) pelos agentes intempéricos. As secundárias são mais finas e plásticas que as primárias, podendo, no entanto conter impurezas ao se misturarem com outros tipos de matéria orgânica.

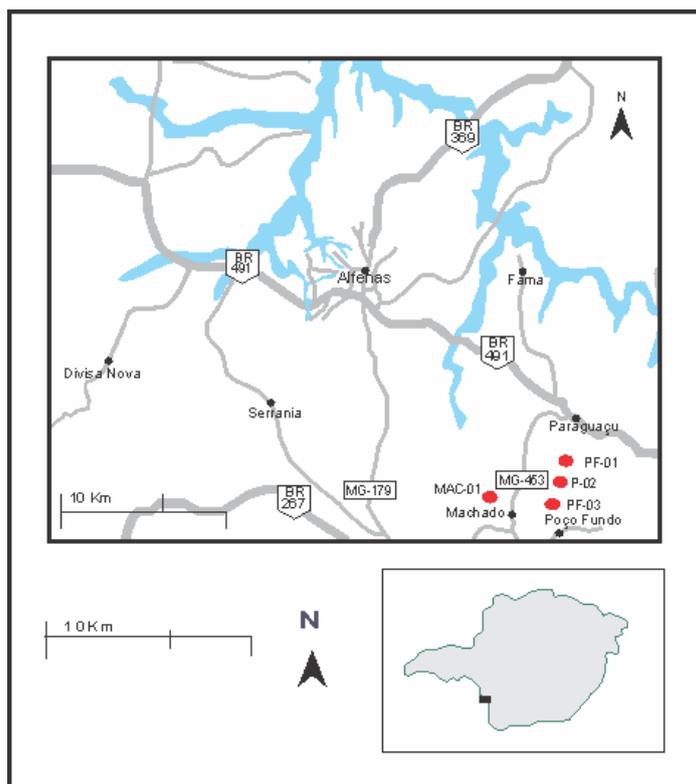
A área de estudo deste trabalho corresponde à região do município de Poço Fundo, no Estado de Minas Gerais, a 320 km de São Paulo. Essa região ocupa geologicamente o sul da faixa Brasília em uma unidade de alto grau metamórfico da fácies granulito, sendo constituída por rochas pré-cambrianas de alto grau metamórfico como hiperstênio granulitos, granulitos básicos, gnaisses graníticos bandados em associação com rochas neopaleozóicas e sedimentos colúvio-aluvionares do Quaternário e coberturas pedológicas como latossolos e paleossolos<sup>(1)</sup>.

O presente trabalho consistiu na realização de análises mineralógicas (Difração de Raios X), texturais (Granulometria e Granulometria a Laser), químicas (Fluorescência por Raios X) e tecnológicas (Módulo de Ruptura à Flexão; Absorção de Água, índice de plasticidade, etc. realizados em corpos de prova) das argilas aluvionares (secundárias) coletadas nas olarias da cidade de Poço Fundo-MG.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em duas etapas: amostragem e experimentos de laboratório, sendo estes: análise química (teor de matéria orgânica, fluorescência de raios X) análise mineralógica (difração de raios X e descrição macroscópica), análises texturais (distribuições granulométricas) e ensaios tecnológicos cerâmicos.

Foram selecionados quatro pontos de amostragem, sendo todas amostras coletadas de pequenas olarias (Figura 1 e Tabela 1), próximos à cidade de Poço Fundo e no limite da divisa entre esse município e Machado-MG, coletando-se 3 kg de cada tipo de argila. Todas as amostras são originadas de várzea (PF-01, PF-02, PF-03 e MAC-01). Cada amostra foi ensacada para evitar contaminação e devidamente catalogada.



**Figura 1:** Mapa de coleta das amostras<sup>(2)</sup>.

**Tabela 1:** Localização dos Pontos de amostragem

<b>Amostras</b>	<b>Localização</b>	<b>Cidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>PF-01</b>	Olaria – Fazenda Serrinha – Bairro Piedade	Poço Fundo-MG	várzea
<b>PF-02</b>	Olaria Cebolinha Bairro Piedade	Poço Fundo-MG	várzea
<b>PF-03</b>	Olaria São Sebastião – Bairro Piedade	Poço Fundo-MG	várzea
<b>MAC-01</b>	Olaria Mendes - periferia	Machado-MG	várzea

Os ensaios laboratoriais foram realizados sobre as quatro amostras, depois de secas a temperatura ambiente, e efetuaram-se as seguintes análises:

A distribuição granulométrica via úmida das amostras foi realizada utilizando-se as peneiras 30, 40, 60, 120 e 200 mesh. Em relação à granulometria a laser as amostras foram preparadas em solução dispersante de hexametáfosfato de sódio (0,1 g/l) e depois passadas no granulômetro a laser (*particle size analyser*) da marca CILAS, modelo 1064 do Departamento de Geologia da Escola de Minas da UFOP-MG. O aparelho fornece os valores cumulados característicos e um gráfico com uma curva de distribuição granulométrica para cada amostra.

As análises mineralógicas por difração de raios X foram preparadas de forma integral e com a fração granulométrica menor que 2 $\mu$ m, sendo esta separada pelo método gravimétrico baseado na Lei de Stokes<sup>(3)</sup>. Os equipamentos utilizados foram os difratômetros SIEMENS D5000 (Laboratório de Mineralogia da UNESP Rio Claro-SP) com radiação monocromática de CoK $\alpha$  e velocidade do goniômetro de 1.2° 2( $\Theta$ ).minuto-1 e o difratômetro RIGAKU Modelo Geigerflex CN D/MAX-B (Departamento de Geologia da Escola de Minas/UFOP MG) com radiação monocromática de CuK $\alpha$  e velocidade do goniômetro de 0.6° 2( $\Theta$ ).minuto-1, respectivamente para a amostra total e para a fração argila. Os difratogramas obtidos foram interpretados pelo programa EVA 2.0 da SIEMENS.

As análises químicas dos elementos maiores por espectrometria de fluorescência de raios X, foram realizadas empregando-se amostras fundidas em matriz de borato<sup>(4)</sup>, no equipamento de fluorescência de raios X da marca PHILIPS PW 2510 do Laboratório de Geoquímica da UNESP Rio Claro - SP. A determinação do carbono orgânico foi realizada através da oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio em meio fortemente ácido e titulado com Fe<sup>++</sup> segundo o Método Walkley-Black<sup>(5)</sup>.

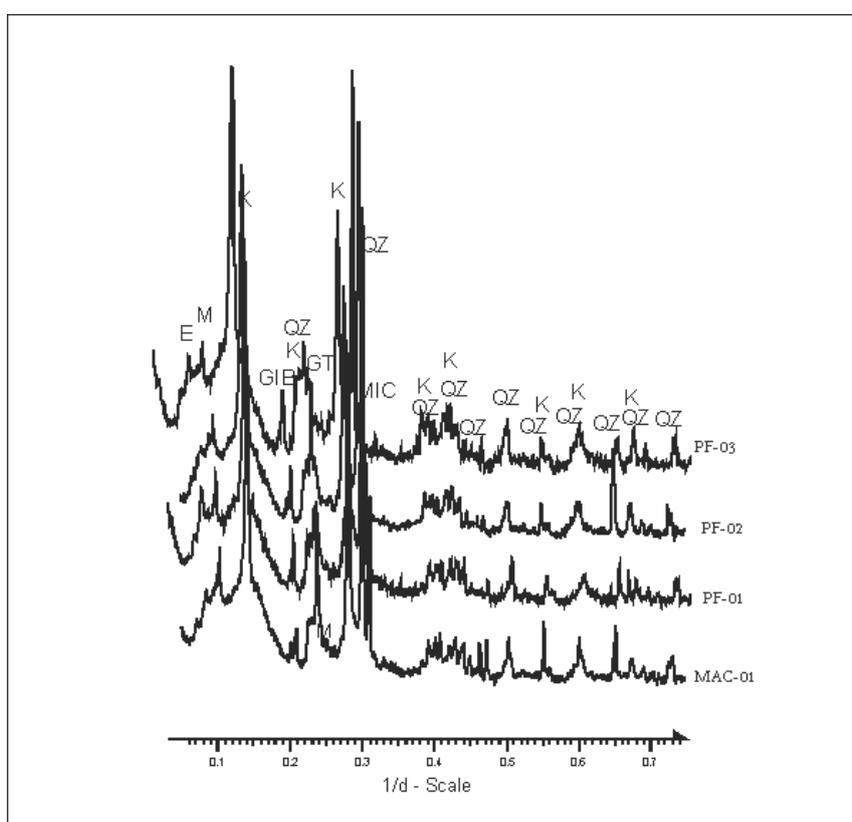
O índice de plasticidade das amostras coletadas foi determinado usando-se as amostras moídas em almofariz e passadas pela peneira de 40 mesh (0,425mm), segundo as normas da ABNT<sup>(6),(7)</sup>.

Para os ensaios tecnológicos cerâmicos, foi adotada a metodologia dos trabalhos anteriormente publicados<sup>(8),(9)</sup>, sendo confeccionados corpos de prova a partir das amostras totais com dimensões de 7x2x1cm, controlando a densidade aparente a cru (2,00 g/cm<sup>3</sup>) e o teor de umidade entre 8 a 10%, sendo queimados em laboratório, em forno gradiente, a temperatura de 950°C (com ciclo de queima de três horas), para simular as condições de queima nas olarias. Os corpos de prova

queimados foram submetidos a ensaios de resistência mecânica, absorção de água, porosidade aparente, perda ao fogo, retração linear e cor de queima.

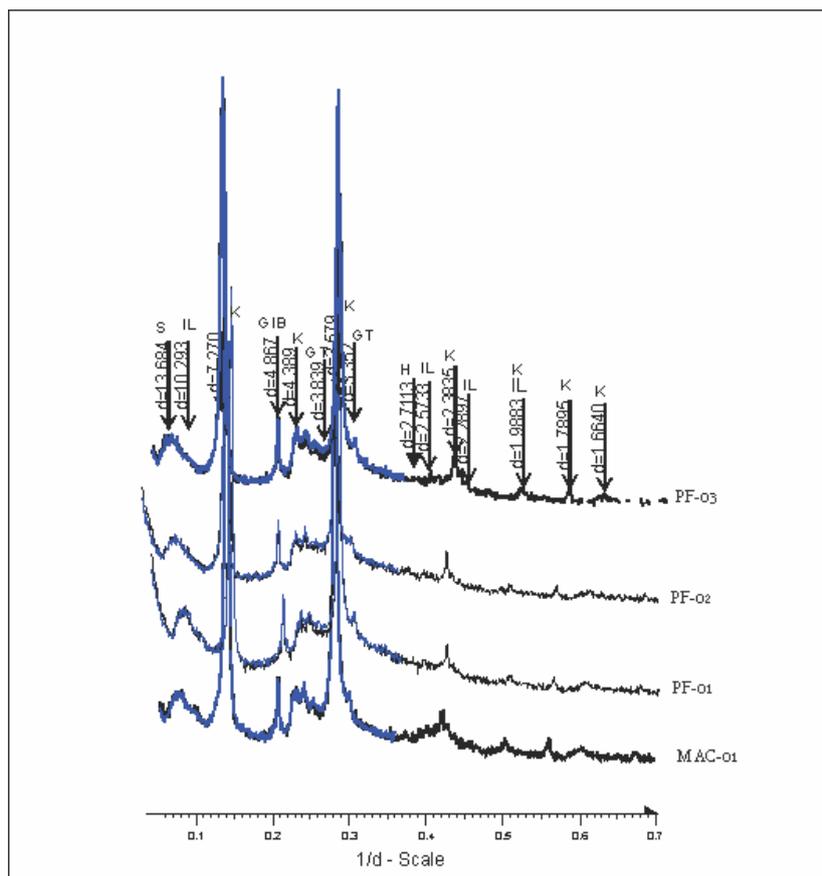
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises mineralógicas por difração de raios-X da fração total (Figura 2) mostraram a presença predominante de quartzo (pico principal de 3,35 Å), sendo os picos mais evidentes na amostra MAC-01, sendo seguida por PF-02 e PF-01 e com menor proporção em sílica para a amostra PF-03. Nos difratogramas da fração total foram observados também picos de muscovita, goethita, gibsita e de feldspatos.



**Figura 2:** Difratogramas superpostos de amostras totais, onde nota-se a presença de quartzo (QZ), feldspato (MIC), muscovita (M), caulinita (K), illita (IL), hematita (H), gibsita (GIB), goethita (GT) e E (esmectita).

As análises mineralógicas por difração de raios X da fração argila (Figura 3) mostraram a caulinita como o argilomineral dominante em todas as amostras (pico de 7Å), sendo constatada uma presença mais elevada de traços de illita e esmectita em PF-03. Na amostra PF-03, observaram-se picos mais nítidos de gibsita.



**Figura 3:** Difratogramas superpostos da fração argila das amostras naturais, onde observa-se a caulinita como argilomineral dominante, sendo QZ = quartzo, GIB = gibsita, K = caulinita, GT = goethita, IL = illita, Sm = esmectita e I/Sm = interestratificado illita/esmectita.

A Tabela 2 demonstra que o teor de  $\text{SiO}_2$  é maior na amostra MAC-01, seguida pela PF-02 e PF-01. As menores proporções de sílica foram determinadas para PF-03, corroborando com os resultados mineralógicos por difração de raios X. Os teores mais elevados de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  foram observados na amostra PF-03, sendo associada, respectivamente, a presença de gibsita e de gibsita+illita+esmectita. A concentração de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  é mais elevada nas amostras PF-01, devido à presença de goethita.

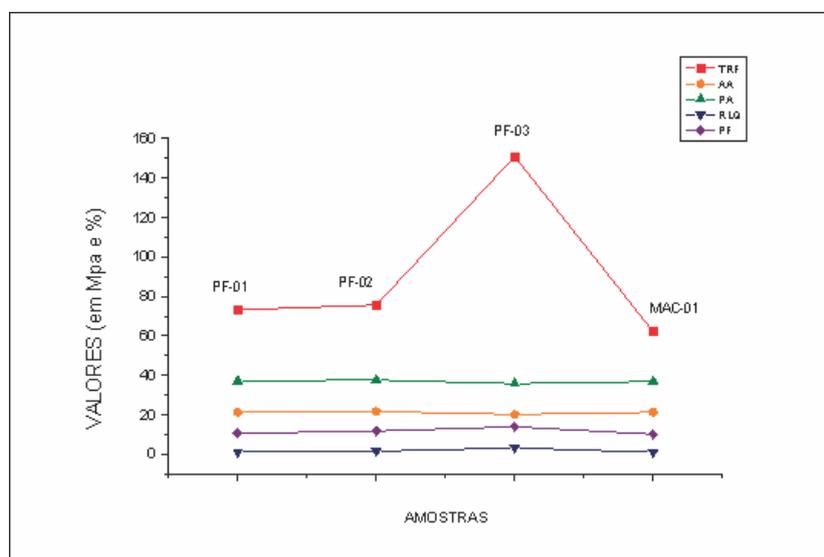
Os teores de álcalis ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{MgO}$ ) são maiores na amostra PF-01, devido ao teor, um pouco mais proeminente, de feldspatos. O valor de perda ao fogo (LOI) é superior na amostra PF-03 devido provavelmente à maior quantidade de minerais de alteração (caulinita+illita+esmectita, gibsita e goethita), sendo seguida respectivamente pelas amostras PF-02 e PF-01

O maior teor de carbono orgânico (Tabela 2) foi atribuído à amostra PF-03, seguida por PF-02, contribuindo esse fator para que estas sejam mais plásticas, fato observado durante a realização do ensaio de índice de plasticidade.

**Tabela 2:** Teores dos Elementos Maiores por FRX e Teor de Carbono orgânico (%)

Amostras	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	Soma	C (%)
PF-01	52,10	1,77	24,48	7,08	0,07	0,95	0,19	0,20	2,07	0,19	10,91	100,02	0,55
PF-02	52,89	1,74	24,44	6,78	0,11	0,69	0,12	0,12	1,43	0,20	11,50	100,01	1,24
PF-03	49,72	1,54	26,50	6,31	0,06	0,70	0,16	0,13	1,19	0,21	13,50	100,01	1,54
MAC-01	55,69	1,49	23,17	6,12	0,07	0,81	0,23	0,23	2,13	0,16	9,92	100,01	0,94

Os resultados dos ensaios físicos cerâmicos a 950°C (Figura 4), especificamente tensão à ruptura a flexão sofreu uma variação grande de 150 MPa, para o corpo de prova PF-03 (melhor valor), para 62 MPa (pior valor), para o corpo de prova MAC-01.



**Figura 4:** Resultados dos ensaios físicos cerâmicos a 950°C. TRF= tensão de ruptura à flexão (MPa); AA=absorção de água (%); PA=porosidade aparente (%); RLQ=retração linear de queima (%) e PF = perda ao fogo (%).

Os valores de Porosidade aparente ficaram na faixa de 35 a 37% e a absorção de água ficou entre 20,2 a 21,8% sendo classificada como BIII pela ABNT<sup>(10)</sup>. Para a cerâmica de revestimentos esses valores de porosidade e absorção de água são muito elevados (devido aos altos teores de quartzo), tornando esses materiais aptos a uma aplicação na fabricação de tijolos e telhas.

Em relação à retração linear de queima, devido aos teores elevados de sílica, houve uma retração muito pequena (1,0 a 3,2%), sendo que o corpo que retraiu mais foi o PF-03 devido as maiores concentrações de caulinita+illita+gibbsita e ao menor teor de sílica.

Os melhores resultados das análises cerâmicas da amostra PF-03, provavelmente foram devidos ao seu menor teor em SiO<sub>2</sub> e aos maiores valores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (caulinita + gibbsita) e carbono orgânico (vide Tabela 2). Adicionalmente, sua distribuição granulométrica fina (Tabelas 3 e 4) contribuiu para uma melhor sinterização.

**Tabela 3:** Ensaio de Distribuição Granulométrica (%) via úmida das amostras de argila da região de Poço Fundo-MG

<b>Peneiras</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>200</b>	<b>Prato</b>
<b>Amostras</b>						
<b>PF-01</b>	0,125	0,042	1,251	7,120	7,920	83,752
<b>PF-02</b>	4,458	1,640	1,639	3,504	6,718	79,118
<b>PF-03</b>	5,820	0,465	1,305	1,616	1,498	87,975
<b>MAC-01</b>	2,694	0,975	4,428	13,513	7,596	68,988
<b>Tamanho de grãos</b>	<b>Areia grossa Inferior</b>	<b>Areia Média Superior</b>	<b>Areia Média Inferior</b>	<b>Areia Fina Superior</b>	<b>Areia Fina Inferior</b>	<b>Silte + Argila</b>

**Tabela 4:** Dados de Distribuição Granulométrica a Laser

<b>Diâmetro (µm)</b>	<b>A 10%</b>	<b>A 50%</b>	<b>A 90%</b>	<b>Médio</b>
<b>Amostras</b>				
<b>MAC-01</b>	2,70	18,42	47,30	22,44
<b>PF-01</b>	3,01	18,34	51,36	23,54
<b>PF-02</b>	2,07	11,07	47,30	18,44
<b>PF-03</b>	1,57	8,77	28,68	12,15

## CONCLUSÕES

Os melhores resultados cerâmicos foram obtidos para a amostra PF-03, devido a uma combinação de fatores associados como:

- maiores teores de matéria orgânica,
- uma distribuição granulométrica mais fina.
- baixos teores de SiO<sub>2</sub>;
- concentrações maiores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

As elevadas concentrações de SiO<sub>2</sub> e os baixos teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> em todas as amostras clarearam a cor de queima e reduziram os valores de retração de queima dos corpos de prova, sendo que as amostras que mais sofreram retração foram aquelas com maior teor de matéria orgânica (PF-03 e PF-02).

Estes resultados demonstram que as argilas da região em estudo são mais refratárias, porosas e menos plásticas, e conseqüentemente mais adequadas à utilização na indústria de cerâmica vermelha (tijolos e telhas).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG e ao CNPQ, pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) HASUI, Y.; MIOTO, J. A.; HARALYI, N. L. E.; SAAD, A. R.; CAMPANHA, V. A.; HAMZA, V. M.; GALLI, V. A. Compartimentação estrutural e evolução tectônica do Estado de São Paulo. São Paulo: Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado de São Paulo (PRÓ-MINÉRIO), 1989. (Relatório IPT).
- (2) GASPAR JUNIOR, L. A., VARAJÃO, A. F. D. C., SANTOS, R. G., MORENO, M. M. T, SARKIS, M. F. R. Viabilidade de Aplicação das Coberturas Argilosas da Região de Alfenas na Indústria Cerâmica. Geociências, v. 29, n. 1, 2010.
- (3) UNIVERSIDADE LOUIS PASTEUR (1978) - Technique de Préparation des minéraux argileux en vue de l' analyse par diffraction des rayons-X. Strasbourg, 1978. CNRS, 34p.
- (4) GOMES, C. F.(1988) - Argilas: O que são e para que Servem. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 457 p.

- (5) EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. SILVA, F. C. da coord. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 370p.
- (6) ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984): Norma Técnica NBR 6454 – Determinação do Limite de Liquidez, Método de Ensaio.
- (7) ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984): Norma Técnica NBR 7180 – Determinação do Limite de Plasticidade, Método de Ensaio.
- (8) GASPAR JUNIOR, L. A., VARAJÃO, A. F. D. C., MORENO, M. M. T. Análise Preliminar das Coberturas Regolíticas Argilosas da Região de Alfenas-Mg Visando sua Utilização na Indústria de Cerâmica Vermelha. In: 53° CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, Guarujá, SP, 2009. Anais... São Paulo, ABC, 2009. CD-ROM.
- (9) GASPAR JUNIOR, L. A., VARAJÃO, A. F. D. C., SOUZA, M. H. O., MORENO, M. M. T. Comparação entre as análises químicas, mineralógicas e tecnológicas das argilas aluvionares de alguns municípios do Sudoeste de Minas Gerais. In: 55° CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, Porto de Galinhas, PE, 2011. Anais... São Paulo, ABC, 2011. CD-ROM.
- (10) ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997): Norma Técnica NBR 13817-Placas Cerâmicas para Revestimentos – Classificação. 3p.

## **STUDY OF THE FEASIBILITY OF THE UTILIZATION OF CLAYS FROM POÇO FUNDO COUNTY (MG) FOR ITS USE IN BRICKS FABRICATION**

### **ABSTRACT**

*This work aimed to make an analysis of mineralogical (Macroscopic Description and X-Ray Diffraction), chemical (X-Ray Fluorescence and Organic Carbon Analysis) and ceramic (Particle Size Distribution, Mechanical Resistance, Water Absorption, Apparent Porosity, among others) properties of the alluvial clays collected in Poço Fundo county – Minas Gerais State, Brazil – in order to confirm the feasibility of these clays for bricks manufacturing. There were collected 4 samples from the main potteries of the county, and they were nominated PF-01, PF-02, PF-03 and MAC-01. The clays from these region display high content of quartz, kaolinite*

*and present refractory behavior, and the alkalis content ( $\text{Na}_2\text{O}$  and  $\text{K}_2\text{O}$ ) is low, because the studied area suffered an intense weathering process. The sample PF-03 presented the most promising ceramical results, mainly due to the lower content in silica and higher amounts of organic matter, denoting a clay coming from a swampy area.*

**Keywords:** clays, refractory, kaolinite, X-Ray Diffraction, bricks.