

CARACTERIZAÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA FABRICAÇÃO DE ADOQUIM

R. M. Pinheiro^{*}; S. N. Monteiro; C. M. F. Vieira
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF
Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV
Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes, RJ, 28013-602, Brasil
^{*}E-mail: regina@uenf.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo caracterizar matérias-primas para a fabricação de pavimento cerâmico do tipo adoquim. Foram utilizadas duas argilas e um resíduo, gerado nas próprias indústrias cerâmicas, conhecido como chamote, ambos de Campos dos Goytacazes – RJ. Outro material estudado foi o argilito proveniente de Itu – SP. Para a caracterização dos materiais foram utilizadas as técnicas de difração de raios-X, fluorescência de raios-X, análise termo-gravimétrica, peneiramento e sedimentação por gravimetria e microscopia ótica. Foi determinada também a plasticidade das matérias-primas pelo método de Atterberg. Observou-se que os materiais apresentam potencial para a fabricação de adoquim.

Palavras-chaves: Adoquim; argilito, cerâmica vermelha, caracterização, matérias-primas.

INTRODUÇÃO

O pólo cerâmico de Campos dos Goytacazes, norte do Estado do Rio de Janeiro, tem papel importante na economia local produzindo aproximadamente 75 milhões de peças/mês de cerâmica vermelha basicamente voltada para a produção de bloco de vedação⁽¹⁾. A produção de cerâmicas de maior valor agregado como telhas, pisos e blocos estruturais, é bem menor em comparação com os blocos de vedação. Uma das razões se deve à característica da matéria-prima disponível que possui comportamento refratário durante a etapa de queima que dificulta a obtenção de produtos com absorção de água dentro das especificações técnicas⁽²⁾.

Para resolver este problema devem-se utilizar temperaturas de queima mais elevadas e ainda reformular as massas cerâmicas utilizando materiais de baixa perda de massa durante a queima como inertes e fundentes. Alguns estudos

reportaram a adição de outros materiais para reduzir a porosidade após queima das massas utilizadas na produção de telhas na região⁽²⁾. A utilização de granito em pó, em até 30% em peso, elevou a densidade aparente a seco e reduziu a absorção de água de telhas cerâmicas queimadas a 970°C em forno industrial. Contudo foi verificada uma queda na resistência à flexão atribuída à transformação alotrópica do quartzo que causou microtrincas nas cerâmicas⁽³⁾.

Outro estudo⁽⁴⁾ utilizou rocha sedimentar em pó, argilito, para melhorar as propriedades tecnológicas das telhas produzidas na região. Foi observado que a incorporação de 30% de argilito a uma argila caulinítica de Campos melhorou a trabalhabilidade e as propriedades tecnológicas de queima, através da redução da porosidade em comparação com a massa para telhas da região.

Este trabalho avalia as características de duas argilas de Campos dos Goytacazes, além do rejeito de queima, chamote, visando à fabricação de adoquim cerâmico em parceria com a cerâmica Stilbe com aporte financeiro da FAPERJ por meio de projeto aprovado em edital de inovação tecnológica. Adicionalmente, o argilito, matéria-prima amplamente utilizada por cerâmicas da região de Itú-SP, também foi avaliado, já que foi comprovado em trabalhos anteriores seu benefício no sentido de corrigir algumas deficiências das argilas de Campos dos Goytacazes. Assim pretende-se fabricar um produto de elevado valor agregado e cujo concorrente seria os blocos intertravados de concreto, existe a viabilidade econômica do uso de argilito do Estado de São Paulo. Em paralelo, busca-se no Estado do Rio de Janeiro matéria-prima com efeito similar disponível em grandes quantidades.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: A) duas argilas usadas para fabricação de cerâmica vermelha, denominadas de **FO**, argila “forte” ou altamente plástica, e **FR**, argila “fraca”, de menor plasticidade. B) chamote de blocos de vedação queimados em temperaturas compreendidas entre 500 e 600°C, C) argilito em forma de pó proveniente da região de Itu – SP.

A composição química das matérias-primas foi obtida por fluorescência de raios-X em equipamento Philips, modelo PW 2400. A investigação das fases cristalinas foi realizada por difração de raios-X (DRX) em difratômetro XRD 6000, marca SHIMADZU operando com radiação Cobre (Cu-K_α) e varredura de 2θ

variando de 5 a 60°. O comportamento térmico do resíduo foi avaliado por meio de análise termogravimétrica, TG, em aparelho termoanalisador STA 409C, com taxa de aquecimento de 10°C. min-1. A distribuição de tamanho de partícula das matérias-primas foi realizada pelo método combinado de peneiramento e sedimentação, de acordo com a norma da ABNT⁽⁵⁾. A plasticidade das argilas e do argilito foi obtida por meio dos limites de Atterberg^(6,7). A morfologia das partículas das matérias-primas, passantes e retidas em peneira de 230 mesh, 0,063 mm, foi avaliada por microscopia ótica (MO) em microscópio MOTIC, da Agar-Scientific.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os difratogramas de raios-X das matérias-primas. Observa-se que as duas argilas investigadas, Figura 1 (a) e (b), apresentam composição mineralógica similar com a presença de picos de difração da caulinita, quartzo, mica muscovita e gibsita. Nota-se também picos de baixa intensidade em 2θ de 6,4 e 7,4 grau. Estes picos de difração podem estar associados aos minerais do grupo dos piroxênios e à montmorilonita, respectivamente. A presença de gibsita em ambas as argilas indica que nem toda a alumina (Al_2O_3) esteja na estrutura dos argilominerais. A gibsita é um mineral que contribui para aumentar a perda ao fogo e refratariedade das argilas⁽²⁾.

O chamote, Figura 1 (c), apresenta como fases cristalinas predominantes o quartzo e mica muscovita. São observados ainda picos da caulinita. Isto indica que a temperatura de queima das cerâmicas que o gerou não foi superior a 600°C, caso contrário não haveria caulinita nos difratogramas. O chamote ainda apresenta picos de difração de baixa intensidade da hematita. O argilito, Figura 1 (d), apresenta em sua composição mineralógica o quartzo, a caulinita, a microclina e o feldspato sódico, a anortita. Esta composição mineralógica é bastante similar às argilas o que possibilita sua utilização como material alternativo em massas cerâmicas. No caso do argilito, os picos de difração identificados como mineral micáceo pode indicar a presença da mica muscovita e também da illita.

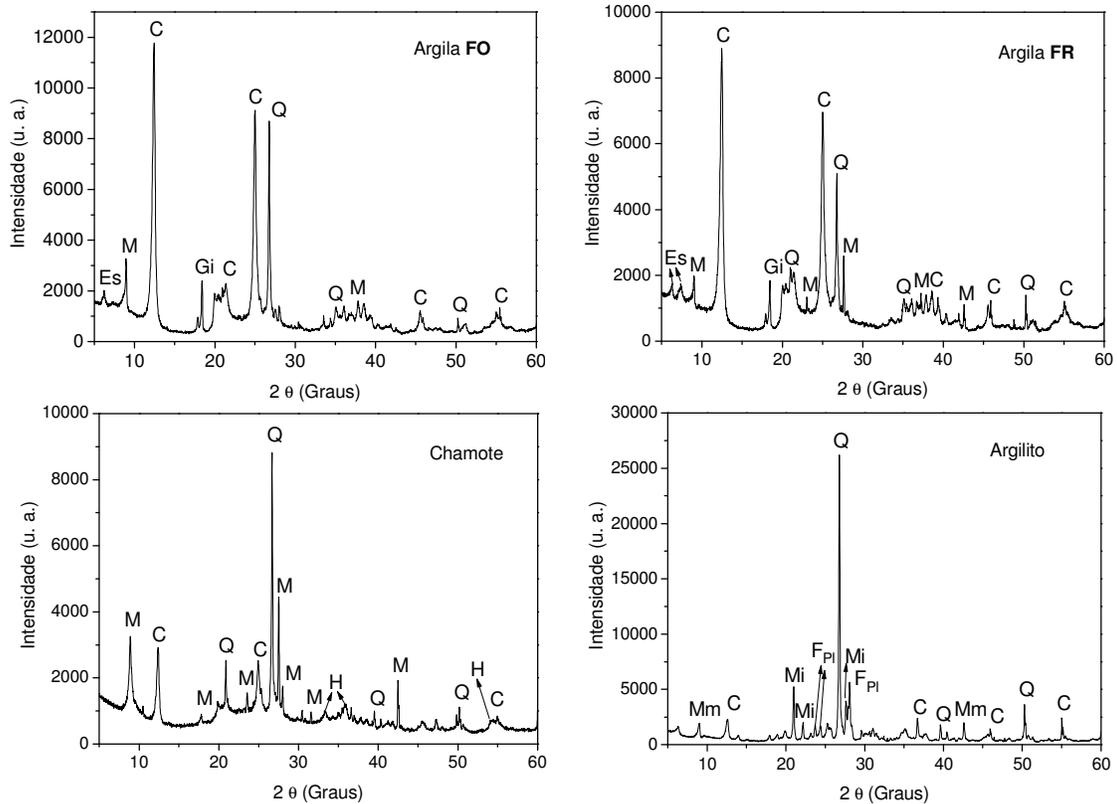


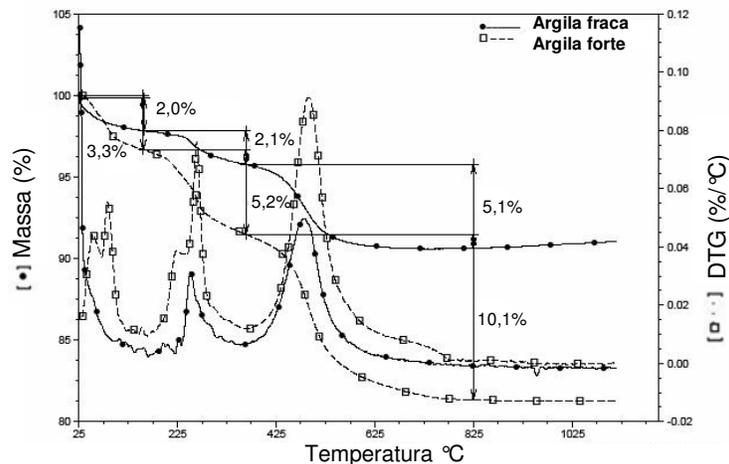
Figura 1 – Difratoogramas de raios-X das matérias-primas. **C** = caulinita; **Es** = mineral esmectítico; **Q** = quartzo; **M** = mica muscovita; **H** = hematita; **Mm** = mineral micáceo; **Mi** = microclina; **F_{PI}** = feldspato plagioclásio.

A Tabela 1 apresenta a composição química das matérias-primas estudadas. Observa-se as argilas apresentam um menor teor de sílica associado a um elevado teor de alumina em comparação com o argilito. Essa característica está associada, sobretudo, ao elevado teor de argilominerais nas argilas. Isto pode ser comprovado com o maior teor de perda ao fogo (PF) das argilas. Já o chamote apresenta uma PF reduzida em função da perda de água dos hidróxidos e perda parcial das hidroxilas dos argilominerais. Além disso, observam-se ainda, teores relativamente baixos de óxidos alcalinos fundentes, K_2O e Na_2O , típicos de argilas cauliniticas. Todas as matérias-primas apresentam um elevado teor de FeO_3 , o que confere a cor avermelhada às cerâmicas locais. O argilito apresenta maiores teores de óxidos fundentes e menor perda ao fogo em relação às argilas. A presença de óxidos fundentes e da baixa perda ao fogo no argilito é de fundamental importância para melhorar as propriedades das cerâmicas para a produção de pavimento argiloso, adoquim cerâmico.

Tabela 1 – Composições química das matérias-primas estudadas (% em peso)

Composição	Matérias-primas			
	Argilito Itu	Argila fraca	Argila Forte	Chamote
Fe ₂ O ₃	5,84	9,92	10,05	9,83
Al ₂ O ₃	16,34	21,61	26,78	32,18
MgO	2,29	0,86	0,71	0,85
Na ₂ O	0,82	-	-	-
SiO ₂	63,07	54,7	46,09	48,12
P ₂ O ₅	0,2	0,25	0,31	0,27
K ₂ O	4,02	2,47	1,66	1,78
CaO	0,48	0,57	0,34	0,41
TiO ₂	0,79	1,35	1,59	1,47
MnO	-	0,17	-	0,17
P.F.	5,65	7,56	11,96	4,37

As Figuras 2 a 4 apresentam o comportamento térmico das matérias-primas. Figura 2 mostra as curvas de TG/DTG para as argilas **FO** e **FR**, simultaneamente. Pode-se observar que ambas as argilas possuem comportamento térmico semelhantes. Nas temperaturas iniciais de aquecimento ocorrem perdas de massa de 3,3 e 2 % para as argilas **FO** e **FR**, respectivamente. Esta perda de massa inicial é atribuída à eliminação de água de umidade. Entre as temperaturas de 250 e 275 °C ocorre uma reação endotérmica devido à eliminação de água de hidróxidos com perdas de massas de 5,2 e 2,1% para as argilas **FO** e **FR**, respectivamente. As maiores perdas de massa, 10,1% para argila **FO** e 5,1% para a argila **FR**, estão associadas com a desidroxilação da caulinita, pico endotérmico a aproximadamente 480 °C.

**Figura 2** – Curvas de TG/DTG das argilas forte e fraca.

A Figura 3 mostra as curvas de TG/DTG do argilito. Observa-se inicialmente uma perda de massa de 3,2% associada à eliminação de água de umidade. A

aproximadamente 175°C ocorre pequena perda de massa referente eliminação de água adsorvida, seguida pela eliminação de água de hidróxidos que ocorre por volta da temperatura de 275°C equivalente 0,7% no total. Na faixa de temperatura de que vai de 425 a 625° ocorre um pico endotérmico representando uma perda de massa de 2,3% que pode ser associado à desidroxilação da caulinita e eventualmente da illita, por volta de 480°C.

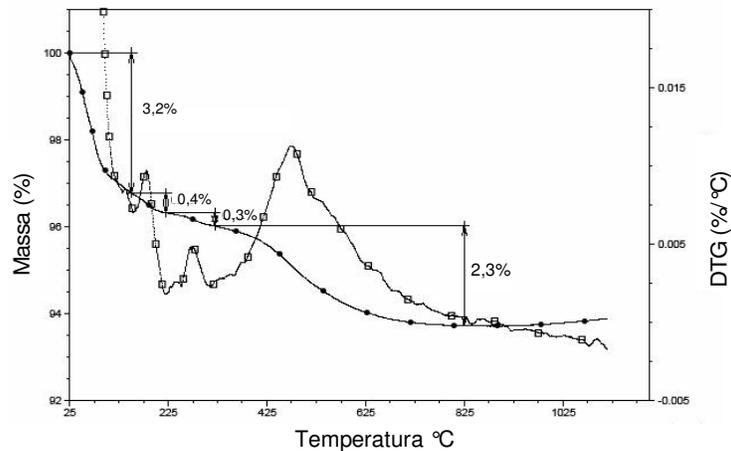


Figura 3 – Curvas de TG/DTG do argilito.

A Figura 4 mostra as curvas de TG/DTG do chamote. Embora o chamote já tenha sofrido uma queima, a perda de massa foi parcial, pois conforme apresentado abaixo, o chamote ainda apresenta uma perda de massa de 2,3%, atribuída à caulinita, evidenciado na análise de raios-X, Fig. 1. Outras duas perdas de massas, com 1,6% no total, ocorrem inicialmente e estão associadas à eliminação de água de umidade e de água adsorvida, respectivamente.

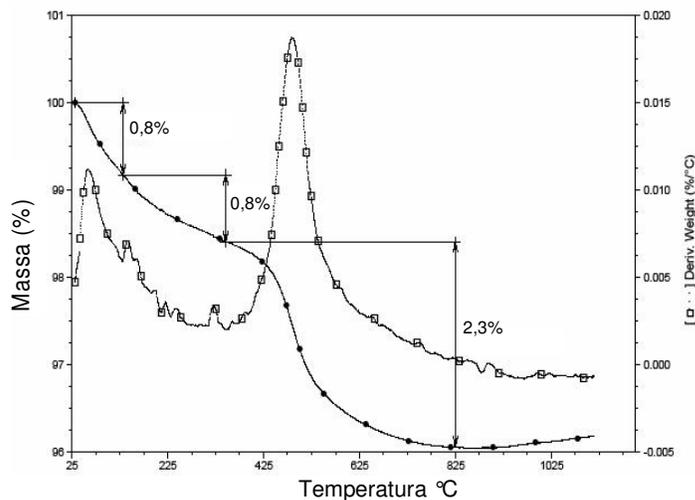


Figura 4 – Curvas de TG/DTG do chamote.

A Figura 5 apresenta as curvas de distribuição de tamanho de partículas das matérias-primas. Observa-se que o teor de “fração argila”, associada com tamanho de partícula inferior a 0,002 mm, é de 50% para a argila **FO** e 32,5% para a argila **FR**. O que confere maior plasticidade à argila **FO** em comparação à argila **FR**, conforme será apresentado na Fig. 6. O argilito e o chamote apresentam granulometria mais grosseira em comparação às argilas. Sendo que o argilito apresenta um teor de “fração argila” de 15% conferindo-o uma baixa plasticidade. O chamote por apresentar granulometria mais grosseira, do que ambos os materiais, pode melhorar o grau de empacotamento das cerâmicas. Além disso, devido à morfologia das partículas exerce papel importante na etapa de secagem^(8,9).

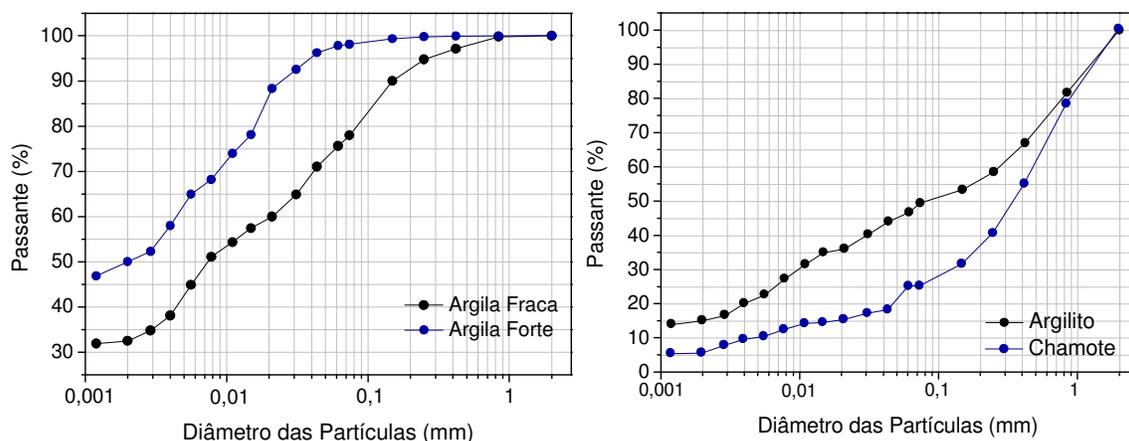


Figura 5 – Distribuição de tamanho das partículas das matérias-primas.

A Figura 6 apresenta as plasticidades das argilas e do argilito por meio dos limites de plasticidade de Atterberg. O gráfico apresentado delimita regiões de extrusão ótima e aceitável⁽¹⁰⁾. Observa-se que o argilito localiza-se abaixo das regiões delimitadas com baixos valores de plasticidade. Já a argila **FO** apresenta excessiva plasticidade, localizando-se acima da região recomendável. Já a **FR** localiza-se dentro da faixa de extrusão aceitável. De acordo com este gráfico, verifica-se que o argilito auxilia na otimização da plasticidade das argilas e que a argila **FO** pode ser dispensável, devido à excessiva plasticidade. O chamote, embora não apresente plasticidade mesmo com a presença de pequena quantidade de caulinita, pode auxiliar na otimização da plasticidade da massa devido à elevada plasticidade das argilas de Campos dos Goytacazes.

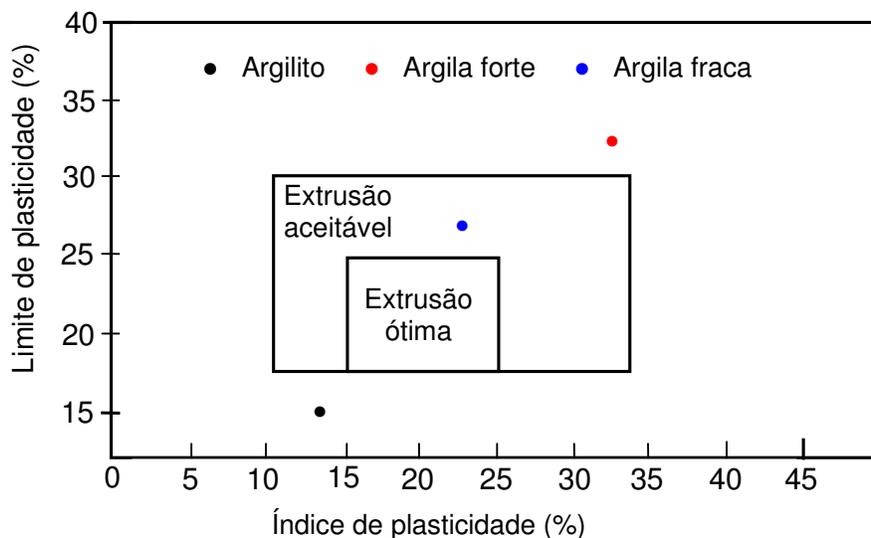


Figura 6 – Prognóstico de extrusão das matérias-primas por meio dos limites de Atterberg.

As Figuras 7 a 10 apresentam a morfologia das matérias-primas obtidas por MO. As micrografias (a) e (b) correspondem às partículas retidas na peneira de 230 mesh (0,063 mm). Já as micrografias (c) e (d) correspondem às partículas com tamanhos inferiores a 0,063 mm. Na Figura 7 (a), argila **FO**, nota-se a presença de partículas de mica, circulada em preto. Já na Figura 8 (a) e (b) aparecem partículas avermelhadas, circuladas em branco, que podem ser de hidróxidos de Fe, além de minerais ferromagnesianos. Observa-se ainda a presença de partículas de quartzo, indicadas por seta. Já as micrografias (c) e (d), mostram para ambas as argilas um aglomerado de partículas finas de coloração amarelada. As micrografias (c) e (d) mostram partículas com tamanhos variados formados, sobretudo, por aglomerados de argilominerais. A coloração amarelada indica que ferro pode estar presente na estrutura da caulinita e ainda que hidróxidos de ferro presentes apresentem também partículas de pequeno tamanho.

Nas Figuras 9 e 10 são apresentadas as micrografias obtidas por MO do argilito e do chamote, respectivamente. São observadas, na Fig. 9 (a) e (b), partículas de diferentes tamanhos apresentando cor acinzentada e algumas partículas de quartzo indicada por seta. A partícula avermelhada circulada pode ser de minerais ferrosos como a hematita ou de hidróxido de Fe. As partículas acinzentadas são possivelmente fragmentos da rocha. São observados, na Fig. 9 (c) e (d), aglomerados de partículas finas também associadas, sobretudo, ao argilominerais presentes no argilito.

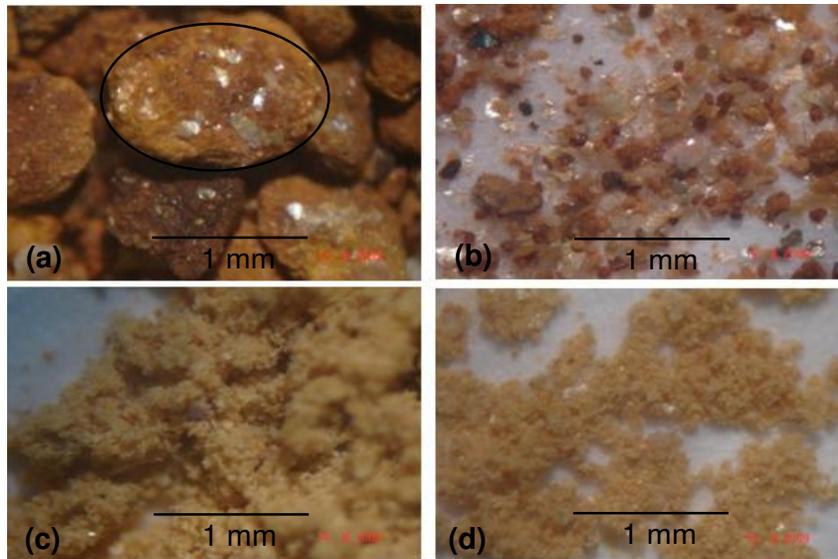


Figura 7 – Micrografias obtidas por MO da argila **FO**. (a) e (b) partículas retidas em 230 mesh; (c) e (d) partículas passantes em 230 mesh.

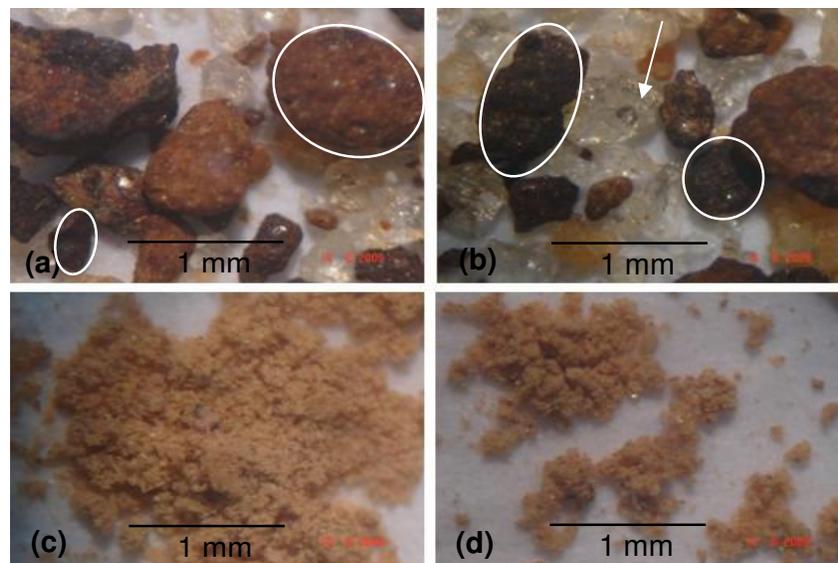


Figura 8 – Micrografias obtidas por MO da argila **FR**. (a) e (b) partículas retidas em 230 mesh; (c) e (d) partículas passantes em 230 mesh.

Na Figura 9, são observadas partículas de predominância avermelhada, resultado da trituração da cerâmica que originou o chamote. Estas partículas são agregados de minerais cristalinos presentes no chamote, Fig. 1, bem como de metacaulinita. São observadas algumas partículas de quartzo, indicadas por setas, além de partículas de coloração preta, associadas a minerais ferromagnesianos, possivelmente dos grupos dos anfibólios ou piroxênios, entre partículas formadas por uma matriz já consolidada de alumino silicato, devido à queima deste material.

As partículas inferiores a 0,063 mm, Fig. 9(c) e 9(d), apresentam uma constituição basicamente similar às partículas mais grosseiras.

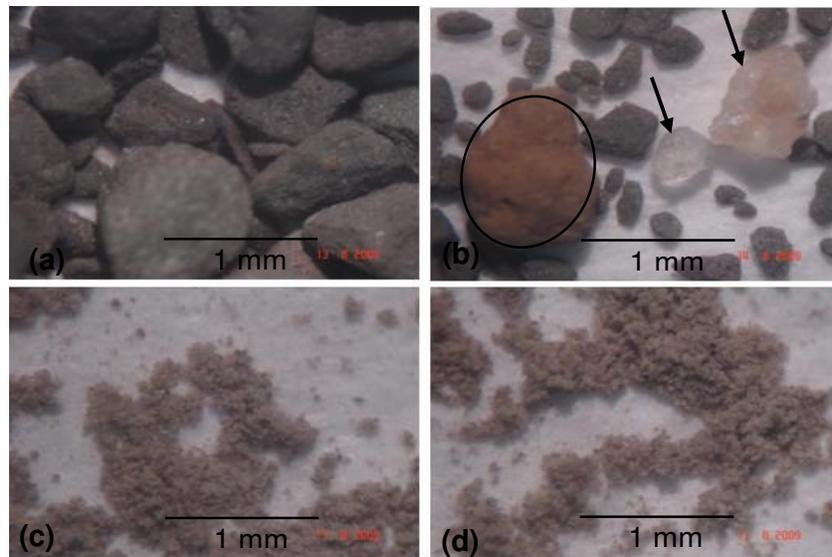


Figura 9 – Micrografias obtidas por MO da argilito. (a) e (b) partículas retidas em 230 mesh; (c) e (d) partículas passantes em 230 mesh.

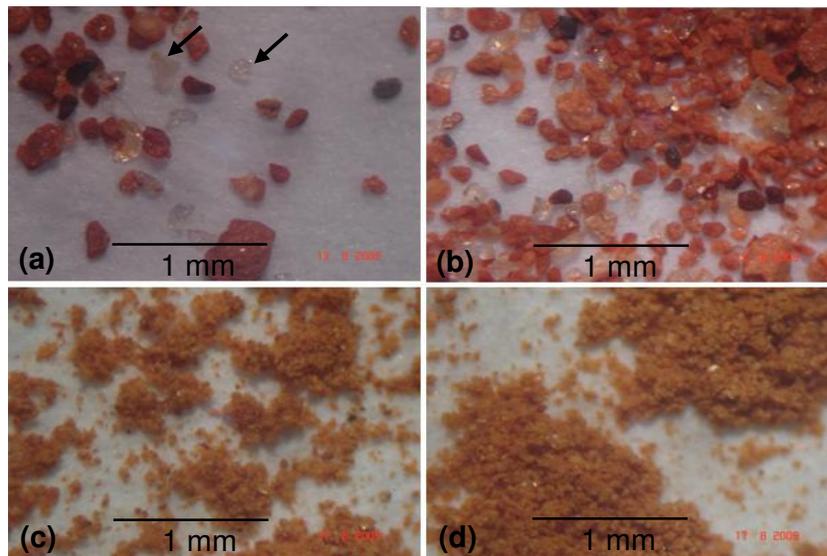


Figura 10 – Micrografias obtidas por MO da chamote. (a) e (b) partículas retidas em 230 mesh; (c) e (d) partículas passantes em 230 mesh.

CONCLUSÕES

Neste trabalho de caracterização de matérias-primas visando à produção de pavimento cerâmico tipo adoquim conclui-se que:

- As argilas investigadas são compostas predominantemente de caulinita, quartzo e mica muscovita e apresentam elevada perda ao fogo em comparação ao argilito e ao chamote.
- As argilas e o chamote apresentam baixos teores de óxidos alcalinos fundentes, K_2O e Na_2O . Já no argilito ocorre a presença mais elevadas destes óxidos.
- A baixa perda de massa do argilito pode contribuir para controlar a retração linear da cerâmica, evitando problemas com as dimensões das peças.
- As argilas apresentam granulometria com maior fração argila do que o argilito e, portanto, mais plásticas.
- A morfologia das matérias-primas mostrou a aglomeração das partículas inferiores a $63\mu m$, bem como a presença acentuada de mica muscovita e de quartzo.
- As matérias-primas investigadas apresentam potencial para formulação de massa para adoquim. Entretanto a argila **FO** deve ser usada em menor quantidade devido à elevada plasticidade e elevada perda de massa. O argilito é importante para o ajuste da plasticidade e fornecimento de fundentes. Já o chamote, como um material não plástico, pode auxiliar no ajuste da plasticidade, facilitar a secagem, regular as transformações de queima e ainda conferir efeitos estéticos rústico ao produto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERJ, processo n. E-26/103.023/2008, ao CNPq, processo n. 306027/2008-9 e pelo apoio financeiro à bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

1. RAMOS, I.S., ALVES, M.G., ALEXANDRE, J. Diagnóstico de pólo cerâmico de Campos dos Goytacazes – RJ. *Cerâmica Industrial*, n. 11, v. 1, p. 28, 2006.
2. MONTEIRO, S.N., VIEIRA, C.M.F. Influence of firing temperature on the ceramic properties of clays from Campos dos Goytacazes, Brazil. *Applied Clay Science*. v. 27, p. 229, 2004.
3. VIEIRA, C.M.F., SOARES, T.M. MONTEIRO, S.N. Massas cerâmicas para telha: características e comportamento de queima. *Cerâmica Industrial*, n. 9, v. 1, p. 28, 2004.

4. VIEIRA, C.M.F., EMILIANO. J.V. Incorporação de rocha sedimentar em pó em massas para telhas cerâmicas: efeitos nas propriedades físicas e mecânicas. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, São Pedro – SP, 2005. **Anais**: 49º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2005. p. 15.
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 7181: **Determinação da Análise Granulométrica de Solos**. Rio de Janeiro, RJ, 1984.
6. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 6459: **Determinação do limite de plasticidade de solos**. Rio de Janeiro, RJ, 1984.
7. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 7180: **Determinação do limite de liquidez de solos**. Rio de Janeiro, RJ, 1984.
8. BELTRÁN, V. Extruded rustic floor tile, II: Impact of the composition on the body's behaviour during firing and fired product characteristics. **Tile e Brick Int.**, v. 12, n. 4, 1996, p. 320–325.
9. VIEIRA, C.M.F.; SOUZA, E.T.A.; MONTEIRO, S.N. Efeito da incorporação de chamote no processamento e microestrutura de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, n° 50, 2004, p. 254–260.
10. MARSIGLI, M.; DONDI, M. Plasticità delle Argille Italiane per Laterizi e Previsione del Loro Comportamento in Foggiatura, **L'Industria dei Laterizi**, v. 46, p. 214, 1997.

CHARACTERIZATION OF RAW MATERIALS TO PRODUCE CERAMIC PAVER

ABSTRACT

This work has for objective to characterize raw materials to produce ceramic paver. Two clays and one type of waste, generated in proper ceramic industries, known as grog, both from Campos dos Goytacazes – RJ, were investigated. The other studied material was the argillite from Itu - SP. To the characterization of the raw materials, X-ray diffraction, X-ray fluorescence, thermo-gravimetric analysis, screening and sedimentation by gravimetry and optical microscopy techniques were used. The plasticity of raw materials was also determined by the Atterberg method. It was observed that the investigated raw materials have potential to produce ceramic paver.

Key-words: Ceramic paver; argillite, red ceramic; characterization; raw materials.