

Caracterização e Determinação das Propriedades Tecnológicas de Massas Argilosas para Fabricação de Blocos de Vedação

*

Camilly Peres Gonçalves¹
Lêda de Azevedo Racanelli²
José Antônio da Silva Souza³
Verônica Scarpini Candido⁴
Alisson Clay Rios da Silva⁵

Resumo

Este trabalho tem como objetivo caracterizar e estudar o comportamento tecnológico de dois tipos de argilas oriundas do município de São Miguel do Guamá a partir de formulação argilosa. Foram testadas formulações compostas pela mistura e não mistura de argila forte e fraca. As matérias-primas foram submetidas as análises de DRX, FRX, MO, MEV. Os corpos de prova foram prensados uniaxialmente em matriz retangular metálica. As propriedades físicas e tecnológicas determinadas foram: Porosidade aparente, massa específica aparente, absorção de água, retração linear de queima e resistência à flexão em três pontos. A microestrutura das cerâmicas foi avaliada por MO, MEV. Os resultados indicaram que as argilas possuem características favoráveis para produção de blocos de vedação, porém a maior resistência do material ficou com a mistura de 50% de argila fraca mais 50% de argila forte.

Palavras-chave: Bloco de vedação; Argila; Cerâmica vermelha, São Miguel do Guamá.

CHARACTERIZATION AND DETERMINATION OF THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF ARGILOUS MASSES FOR THE MANUFACTURE OF SEALING BLOCKS

Abstract

This work aims to characterize and study the technological behavior of two types of clays from the municipality of. Formulations composed of the mixture and not mixture of strong and weak clay were tested. The raw materials were submitted to the analyzes of DRX, FRX, MO, MEV. The specimens were uniaxially pressed in a rectangular metal matrix. The physical and technological properties determined were: apparent porosity, apparent specific mass, water absorption, linear retraction of burn and resistance to flexion in three points. The microstructure of the ceramics was evaluated by MO, MEV. The results indicated that the clays have favorable characteristics for the production of sealing blocks, however, the higher resistance of the material remained with the mixture of 50% of weak clay plus 50% of strong clay.

Keywords: Block of sealing; Clay; Red ceramics; São Miguel do Guamá.

- ¹ Engenharia de materiais, Graduada, Aluna, Faculdade de engenharia de materiais, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará, Brasil.
- ² Engenharia de produção, Mestre, Doutoranda, Instituto de tecnologia- ITEC, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.
- ³ Engenharia química, Doutor, Professor, Instituto de tecnologia-ITEC, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.
- ⁴ Ciências biológicas, Doutora, Professora, Faculdade de engenharia de materiais, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará, Brasil.
- ⁵ Química industrial, Doutor, Professor, Faculdade de engenharia de materiais, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará, Brasil
- ⁶ .

1 INTRODUÇÃO

A indústria de cerâmica vermelha é responsável pela fabricação de blocos, tijolos, telhas, tubos, ladrilhos, elementos vazados e outros [1]. A matéria-prima utilizada para fabricação dessa série de produtos é a argila. As razões para isto se devem pela presença de plasticidade no material; resistência mecânica após queima adequada; aplicação de técnicas de processamento simples e pela disponibilidade [2].

O estado do Pará possui o maior número de empresas do setor de cerâmica vermelha da região Norte do país, distribuídas em aproximadamente 07 Microrregiões e que são significativas do ponto de vista econômico. Até o ano de 2014 o estado contava com aproximadamente 200 empresas já cadastradas, gerando cerca de 15 mil empregos diretos e 40 mil indiretos [3].

Ainda se tratando da região Norte, o município de São Miguel do Guamá, localizado na região nordeste paraense, é considerado o maior polo de produção de cerâmica vermelha capaz de gerar mais de três mil empregos diretos [4]. Fabricante de aproximadamente cinquenta milhões de peças cerâmicas por mês, o município é responsável por atender a demanda do próprio estado e outra pequena parte do estado do Maranhão [5].

Embora a cidade seja uma referência no segmento de produção de cerâmica vermelha, ainda poucos trabalhos são observados somente com a formulação de massa argilosa dessa região. Pouco se vê na literatura dados sobre a caracterização dessas argilas assim como seus respectivos testes tecnológicos. Portanto, este trabalho tem como objetivo caracterizar e estudar o comportamento tecnológico de dois tipos de argilas oriundas do município de São Miguel do Guamá a partir de formulação argilosa utilizada para produção dos blocos de vedação.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Nessa pesquisa foram estudadas argilas utilizadas industrialmente para a produção de blocos cerâmicos de vedação oriundas do estado do Pará, mais especificamente, de São Miguel do Guamá. As composições analisadas foram Argila Forte (AFO100), Argila Fraca (AFR100); mistura entre cinquenta por cento de Argila Forte mais cinquenta por cento de Argila Fraca (AFO50AFR50) e mistura de trinta por cento de Argila Forte mais setenta por cento de Argila Fraca (AFO30AFR70).

As argilas foram secas em estufa de modelo DIMATE, à temperatura de 110 °C durante 24h. Após essa etapa o material foi conduzido para o moinho de bolas de modelo Work Index série 005, onde foi realizada a etapa de desagregação, por um período de 30 minutos. Posteriormente seguiu-se para o peneiramento das argilas em peneiras com malha de abertura de 35 mesh para uniformidade dos grãos.

Com a matéria-prima preparada, separaram-se quantidades de cada composição para realização das caracterizações. A análise química do material foi feita em espectrômetro Shimadzu, modelo EDX-700. A difração de raios X foi realizada em difratômetro Bruker operando com radiação CuK α (modelo D2- Phaser) e por fim, a análise morfológica das partículas foi feita utilizando microscópio eletrônico de varredura de bancada Hitachi AnalyticalTableTop (SEM TM3030).

Posteriormente, as amostras foram umedecidas com 10% em peso de água, passadas novamente em moinho de bolas e peneiras e, depois, acondicionadas em sacos plásticos.

Foram confeccionados corpos de prova retangulares nas dimensões de 10,0 x 5,0 x 1,0 cm em matriz metálica. A prensagem uniaxial foi realizada em prensa hidráulica

manual Karl Kolb (scientifictechnicalSupplies) aplicando uma carga de aproximadamente 8t. A fabricação dos corpos de prova seguiu as diretrizes da NBR D-6072.

Após a etapa de conformação, os corpos de prova secaram à temperatura ambiente por 24 horas e, depois, em estufa da Ds Diagnóstica a 110°C até alcançarem peso constante. Após a etapa de secagem, os corpos de prova foram medidos com o auxílio de um paquímetro digital da Mitutoyo com precisão de 0,01mm e pesado em balança de precisão da Bel com de precisão de 0,001g. Feito isto, os corpos de prova foram queimados em forno tipo mufla da EDG, modelo 3P-S nas temperaturas de 950°C. Utilizou-se uma taxa de aquecimento constante de 2°C/min e mantidos na temperatura patamar por 2 horas e resfriados por convecção natural desligando-se o forno. Em seguida, foram determinados os testes tecnológicos, sendo que o ensaio de ruptura a flexão se deu pelo método dos três pontos.

Após a queima do material, também foi avaliado a morfologia das partículas em microscópio ótico Nikon Eclipse LV150 assim como também a região de fratura em equipamento MEV de bancada (Hitachi AnalyticalTableTop, SEM TM3030).

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.2.1 Fluorescência de raio-X por Energia Dispersiva (EDX)

A Tabela 1 apresenta a composição química expressa em termos percentuais bem como a perda ao fogo de cada matéria-prima.

Tabela 1. Composição química das matérias-primas estudadas (% em peso).

Composições	Matérias-primas	
	Argila Forte	Argila Fraca
SiO ₂	59,03	66,39
Al ₂ O ₃	26,75	18,74
Fe ₂ O ₃	9,09	7,75
K ₂ O	3,31	4,36
TiO ₂	1,80	1,63
CaO	-	0,97
MnO	-	0,14
PF	12,19	5,38

Fonte: Autores (2017).

Diante dos resultados da caracterização, verifica-se a similaridade da composição química entre as duas argilas estudadas. A sílica e a alumina como óxidos predominantes, associados, sobretudo, aos aluminossilicatos como o mineral argiloso e a mica muscovita [6].

Ainda, pôde-se observar que a Argila Forte e Argila Fraca apresentaram um elevado teor de óxido de ferro (Fe₂O₃) que confere cor avermelhada aos blocos de vedação quando submetidas a um tratamento térmico [7].

Referente à perda ao fogo (PF) das argilas estudadas, isso acontece devido à eliminação de água dos argilominerais, desidratação de hidróxidos e oxidação da matéria orgânica. E os resultados dessas perdas ao fogo obtidas nos dois tipos de argila, mostraram-se dentro da normalidade para fabricação de materiais cerâmicos [8]

2.2.2 Difração de raios X nas argilas in natura

A Figura 1 apresenta o difratograma da Argila Fraca e Argila Forte. O resultado mostra fases cristalinas presentes como a caulinita, quartzo, mica muscovita e anatásio. Os picos predominantes são referentes à caulinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e ao quartzo (SiO_2). Os picos de quartzo (Q) são evidenciados por sua intensidade, isto é devido ao alto grau de cristalinidade em relação à caulinita e não à sua concentração em si.

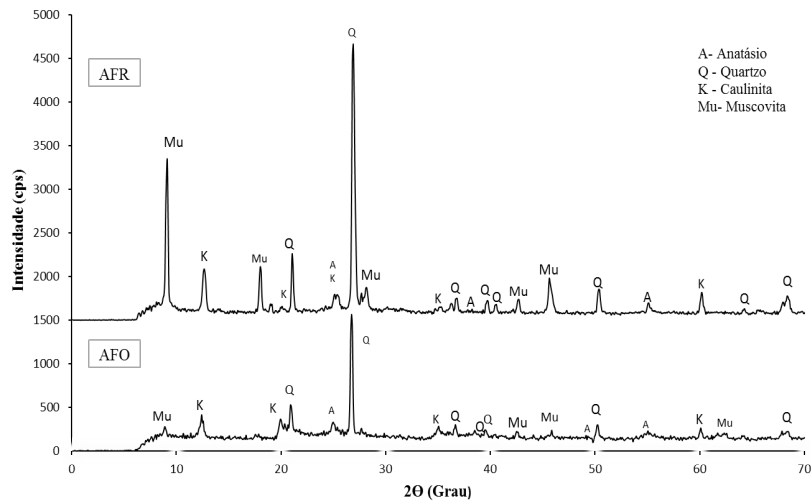
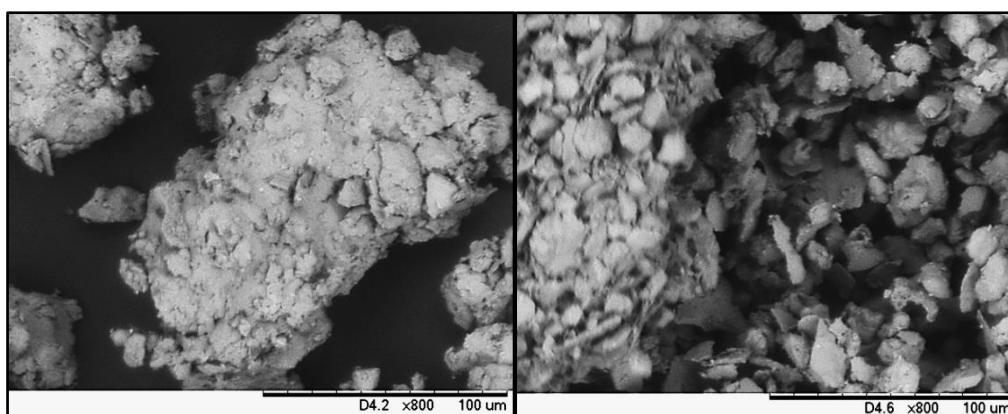


Figura 1. Difratograma de raios X da Argila Fraca e Forte.

Estudos realizados por LIMA [1] e MACÊDO [9] com argilas da região de São Miguel do Guamá revelaram que as fases cristalinas presentes também eram semelhantes às fases encontradas nas argilas utilizadas nesse estudo. Quanto ao quartzo presente na argila, é atuante como matéria-prima não-plástica e inerte durante a sinterização. Já o anatásio (TiO_2) cristaliza no sistema tetragonal, possuindo cor e brilho variáveis. Possuindo uma textura lamelar, a mica muscovita ($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) pode atuar como fundente já que em sua estrutura existe a presença de óxido alcalinos [10].

2.2.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) das argilas in natura

Na Figura 2 estão apresentadas as micrografias obtidas por MEV das matérias-primas. Nota-se que a Argila Forte (a) e Argila Fraca (b) apresentam pequenas partículas de morfologia pseudo-hexagonais associadas provavelmente a caulinita, argilomineral presente nas argilas [11].



(a)

(b)

Figura 2. Microscopia Eletrônica de Varredura da argila forte (a) e fraca (b).

2.2.4 Porosidade Aparente

Conforme sugerido por SANTOS [12] as porosidades abaixo dos valores máximos de 35% para uma temperatura de 950°C podem ser considerados parâmetros aceitáveis para cerâmica vermelha. Como pode ser observado na Figura 3, todas as composições analisadas na temperatura de 950°C estiveram com o índice de porosidade abaixo do valor exigido, no entanto, vale ressaltar que a primeira composição (AFO100) foi a que apresentou um maior índice de porosidade e que provavelmente deve estar relacionado pelo não fechamento dos poros existentes nas peças. Por se tratar de argilas de características refratárias, o processo de sinterização nessa temperaturas não ocorre de forma tão eficiente [6].

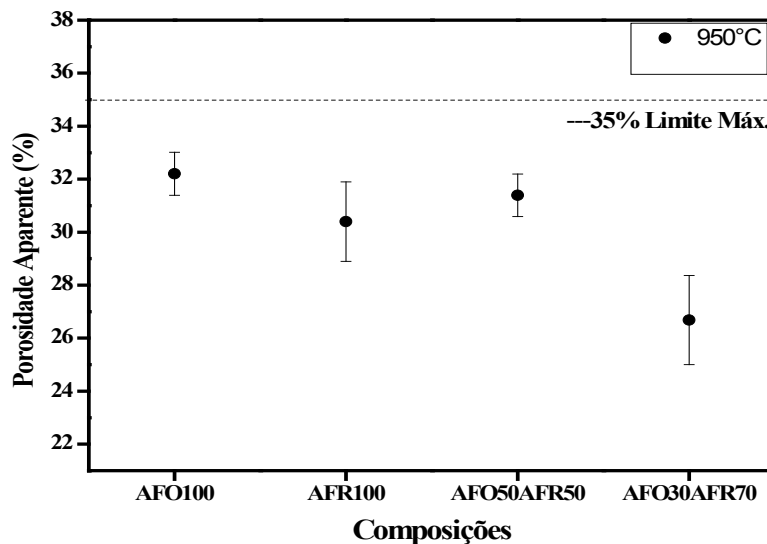


Figura 3. Porosidade das cerâmicas

2.2.5 Massa Específica Aparente (MEA)

A densidade máxima permitida para a cerâmica vermelha fica abaixo de 2,7% [13], sendo assim, os dados obtidos revelam que todas as amostras estiveram dentro do valor permitido, isto é, abaixo do valor exigido. Isso acontece devido um melhor empacotamento das partículas durante a etapa de conformação, sendo assim, contribui para melhor consolidação das partículas na etapa de queima, e conseqüentemente melhorando as propriedades tecnológicas.

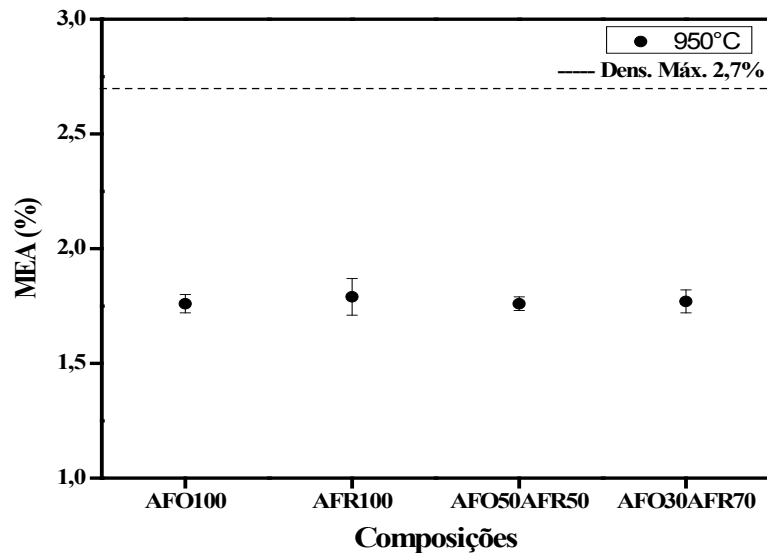


Figura 4. Massa Específica Aparente (MEA).

2.2.6 Absorção de água

A Figura 5 apresenta o comportamento da absorção de água das peças cerâmica queimadas. Observa-se que não houve índice de absorção de água superior a 22%, ou seja, todos estão dentro do estabelecido pela NBR 15270-1/2005. Isso acontece devido uma melhor formação de fase líquida nesta temperatura. Ocorre que quanto maior a temperatura mais os grãos tendem a coalescer, isto é, os grãos se unem e permitem a diminuição da presença dos poros culminando assim em menor absorção de água.

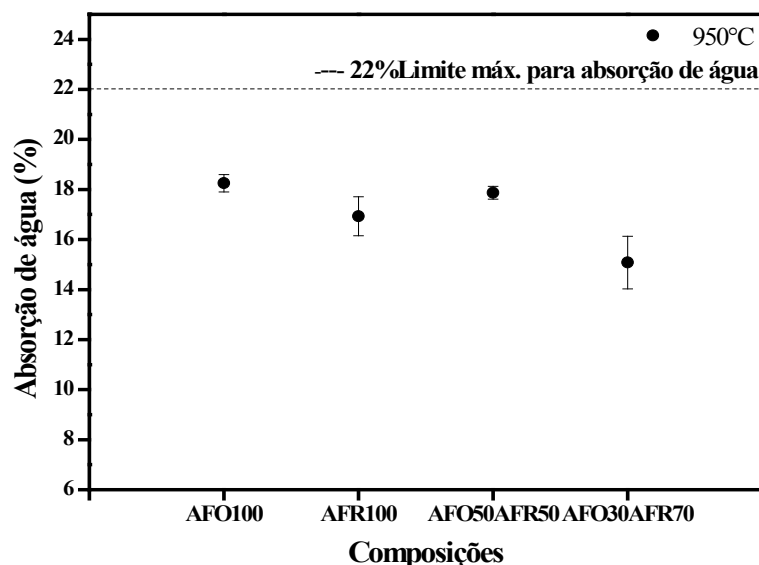


Figura 5. Absorção de água das cerâmicas.

2.2.7 Retração Linear de Queima

Segundo ABCERAM (2013) o limite máximo de retração linear de peças queimadas deve ser inferior a 12%. A Figura 6 apresenta a retração linear de queima das cerâmicas em função da temperatura estudada.

Analisando todas as composições, percebe-se que a maior retração ficou com composição de AFO100, ou seja, representou o material de característica mais plástica do que os outros (AFR100, AFO50AFR50, AFO30AFR70).

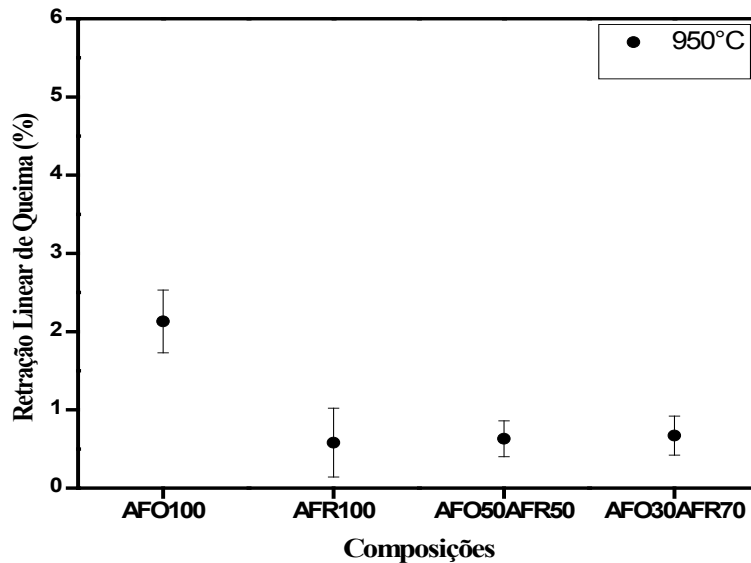


Figura 6. Retração linear pós queima das peças.

2.2.8 Resistência à Flexão

De acordo com a ABNT NBR 15270-1:2005, a tensão mínima de ruptura após a queima para blocos cerâmicos comerciais de vedação é de 1,5 MPa. A Figura 7 apresenta o comportamento de cada composição quando submetidas ao ensaio de ruptura. Percebe-se que a composição de AFO50AFR50 demonstrou-se mais resistente do que as outras composições e isso se deve, provavelmente, por não apresentar altos teores de sílica que viessem atuar como concentradores de tensão que por consequência diminuiriam a resistência do material.

De maneira geral tem-se que os valores obtidos dos testes, indicam que todas as composições queimadas são indicadas para produção de blocos de vedação.

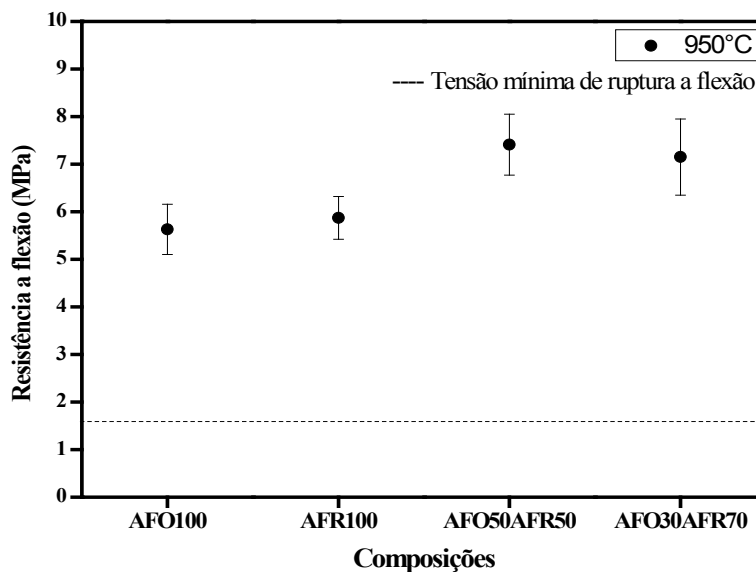


Figura 7. Resistência à flexão.

2.2.9 Microscopia Ótica (MO)

A Figura 8 apresenta as micrografias de cada composição queimadas a 950°C. Percebe-se que todas as peças apresentam uma cor avermelhada devido à presença de óxidos de ferro nas argilas conforme já foi indicado na composição química. Além disso, pode ser notada, a presença de mica (círculo branco), partículas de cor preta indicando provavelmente compostos de ferro (seta preta) e partículas avermelhadas, provavelmente hematita (setas brancas) proveniente possivelmente da desidratação do hidróxido de ferro [14].

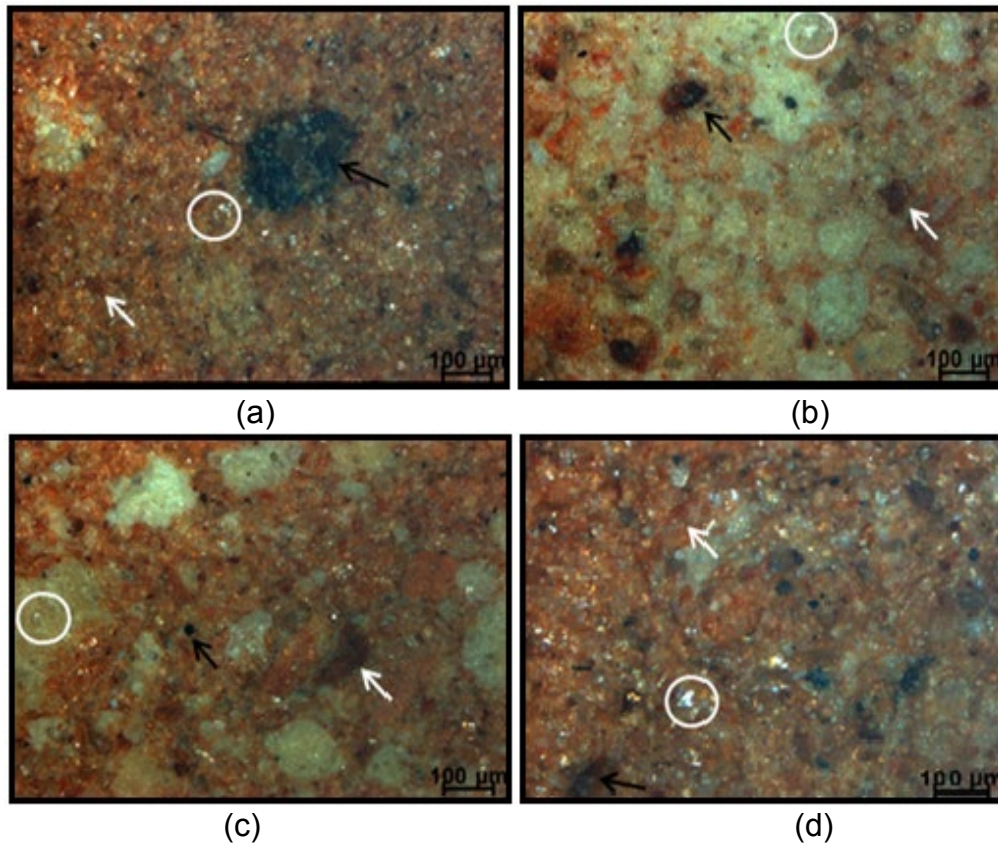


Figura 8. Micrografias de MO das cerâmicas sinterizadas a 950°C. (a) AFR100; (b) AFO100; (c) AFO50AFR50; (d) AFO30AFR70. Aumento: 100x.

2.2.10 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A Figura 9 apresenta as micrografias obtidas por MEV das regiões de fraturas das cerâmicas queimadas a 950°C. Segundo VIEIRA e MONTEIRO [15] as cerâmicas vermelhas queimadas em temperaturas inferiores a 970°C não apresentam uma consolidação estrutural eficiente apresentando assim regiões de porosidade e rugosidade, por isso ficou perceptível que as composições apresentaram uma microestrutura semelhante, com regiões de falhas e morfologia grosseira associada a partículas rugosas e poucas áreas lisas.

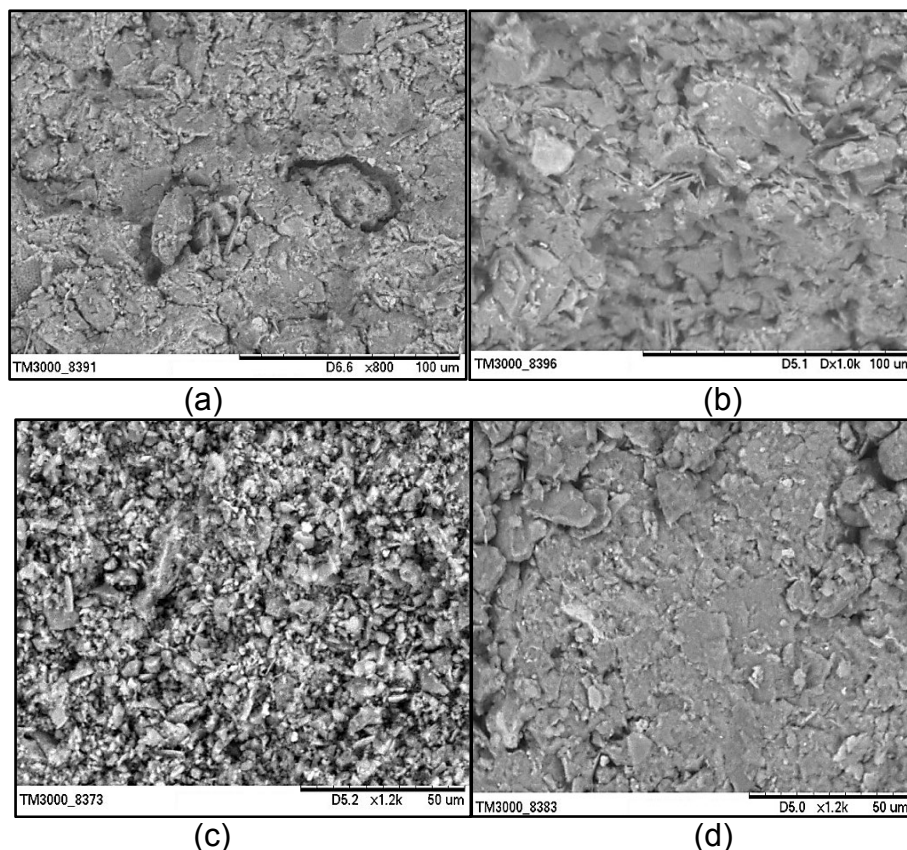


Figura 9. Micrografias de MEV das formulações AFO100 (a), AFR100 (b), AFO50AFR50 (c); AFO30AFR70 (d) queimadas a 950°C (a).

Figura 1. Título da figura.

3 CONCLUSÃO

Os estudos dessas formulações permitiram a disponibilização de maiores informações sobre as argilas do município de São Miguel do Guamá. Tem-se um trabalho com panorama mais geral sobre as características dessas argilas, bem como cada composição estudada se comporta mediante as exigências das normas regulamentadoras.

Sucintamente pôde-se provar que a massa cerâmica com mistura e sem mistura é tecnicamente viável quando se trata da resistência do material. Porém, provou-se que a mistura dos dois tipos de argila da região permite um melhor comportamento do material em todos os quesitos exigidos pela norma.

As amostras de argilas possuem altos teores de sílicas associados a baixos teores de alumina que constituem um material característico para fabricação de cerâmica vermelha; são basicamente constituídas por quartzo, caulinita e mica/muscovita e apresentam testes tecnológicos dentro da faixa de valores indicados pelas normas para argilas usadas na produção de blocos cerâmicos.

REFERÊNCIAS

1. LIMA. J.J. Estudo Geoeconômico e Tecnológico das Argilas utilizadas na Indústria Cerâmica dos Municípios de Irituia e São Miguel do Guamá, Nordeste do Pará, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará. 2000, 01-110.

2. VIEIRA, C. M. F.; HOLANDA, J. N. F. de PINATTI, D. G. Caracterização de massa cerâmica vermelha utilizada na fabricação de tijolos na região de Campos dos Goytacazes – RJ. Revista Cerâmica, v.46, nº 297, 2002.
3. SANTOS, P. S. Ciência e Tecnologia de Argilas. Volume 2. Ed. V.1, EdgardBlücher LTDA, 1989.
4. ROCHA, A. L. Alternativas para o abastecimento energético dos Fornos de indústrias cerâmicas localizadas no Município de São Miguel do Guamá-Pa. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 2013.
5. RIBEIRO, M. M. Material particulado de planta de sinterização de usina siderúrgica integrada em composição de massa de cerâmica vermelha. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, p.145. 2010.
6. CANDIDO, V. S.; PINHEIRO, R. M.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F. Desenvolvimento de adoquim cerâmico com argilas caulíníficas, chamote e argilite. Cerâmica. vol.59, nº. 310-316, Rio de Janeiro, 2013.
7. SANTOS, P. S. Ciência e Tecnologia de Argilas. Volume 2. Ed. V.1, EdgardBlücher LTDA, 1989.
8. CORDOVIL, G.V. Pólo cerâmico e dinâmica territorial do desenvolvimento em São Miguel do Guamá - PA. Desenvolvimento Regional em debate, v. 4, nº 1, p. 40-62, 2014.
9. MACEDO, R. S. Estudo das matérias-primas e tijolos furados produzidos no Estado da Paraíba. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba. 1997.
10. RIPOLI, F. F. A. Utilização do Rejeito Industrial Cerâmico - Chamote - como Fator de Qualidade na Fabricação de Elementos Cerâmicos: um Estudo Experimental. Cerâmica. vol.43, nº. 281-282, São Paulo, 1997.
11. VIEIRA, C. M. F.; DE SOUZA, E. T. A.; MONTEIRO, S. N. Efeito da incorporação de chamote no processamento e microestrutura de cerâmica vermelha. Cerâmica. Industrial Ceramics. nº 50, p. 254–260. 2004.
12. SANTOS, P. S. Ciência e Tecnologia de Argilas. Volume 2. Ed. V.1, Edgard Blücher LTDA, 1989.
13. SANTOS, P. S. Ciência e Tecnologia de Argilas, 3ª Ed., Vol. 1, Edgard Blücher. SP.1992.
14. VIEIRA, C. M. F.; HOLANDA, J. N. F. de PINATTI, D. G. Caracterização de massa cerâmica vermelha utilizada na fabricação de tijolos na região de Campos dos Goytacazes – RJ. Revista Cerâmica, v.46, nº 297, 2002.
15. VIEIRA, C. M. F., MONTEIRO, S. N. Effect of the particle size of the grog on the properties of bricks. In: TMS (The Minerals, Metals & Materials Society), nº.249–254. 2009.