

## **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MINERALÓGICAS E TECNOLÓGICAS DE MASSAS CERÂMICAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO NO POLO CERÂMICO DE ITAPECURÚ MIRIM-MA**

**Correia, G. S.<sup>1,3</sup>; Prado A. D.<sup>1,3</sup>; Angélica, R. S.<sup>4</sup>.; J. M. Rivas Mercury<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais (PPGEM)-(IFMA)  
Av. Getúlio Vargas, nº4, Monte Castelo, São Luís - MA  
Instituto de Geociências (IGC) – UFPA  
Campus Universitário do Guamá – Belém – Pará  
E-mail: rivascefetma@gmail.com*

### **RESUMO**

A indústria da Cerâmica Vermelha no Brasil, especificamente na região nordeste, é constituída em sua maioria por pequenas empresas com desenvolvimento organizacional rudimentar com produção de baixa qualidade e rentabilidade. No Maranhão também se observa que não houve evolução na qualidade dos produtos para acompanhar o desenvolvimento da construção civil, não somente por parte dos industriais, mas principalmente por falta de informação técnicas das matérias primas utilizadas na fabricação dos produtos da Cerâmica Vermelha (tijolos, telhas e blocos de vedação). Neste trabalho foram estudadas as características e propriedades das matérias primas usadas na formulação de massas para fabricação de blocos de vedação em algumas indústrias da Cerâmica Vermelha do município de Itapecuru Mirim-MA. As matérias primas foram coletadas no pátio das indústrias e submetidas aos ensaios de Difração de raios X (DRX), Análise composição química por Florescência de Raios X (FRX), Análise Termogravimétrica (TG), Análise térmico diferencias (DTA). Foram confeccionados corpos-de-prova prismáticos (8 x 2 x 0,7 cm<sup>3</sup>) por prensagem uniaxial a 25 MPa e tratados termicamente a 950 e 1050 °C a uma taxa de 5 °C/min. As propriedades cerâmicas após queima avaliadas foram: Retração Linear (R<sub>L</sub>), Tensão de Ruptura à Flexão (TRF) a três pontos, Absorção de Água (AA), Porosidade Aparente (PA). Os resultados mostraram que algumas das matérias primas utilizadas na formulação das massas apresentam valores considerados indesejados para a fabricação de produtos de cerâmica vermelha.

**Palavras-chave:** massas cerâmicas, caracterização; propriedades tecnológicas.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil existem muitas indústrias de cerâmica vermelha de pequeno porte que abastecem os mercados locais da construção civil. A cidade de Itapecuru Mirim, no Estado do Maranhão, localizada a 117 km da cidade de São Luís vem se tornando um importante polo de fabricação de materiais de cerâmica vermelha onde hoje estão localizadas aproximadamente 30 indústrias de médio e grande porte <sup>(1)</sup>. A explicação da grande quantidade de indústria presente neste município é a sua localização, às margens do Rio Itapecuru, que disponibiliza de uma grande quantidade de matérias primas (argilas) utilizadas no processamento cerâmica vermelha principalmente na fabricação de produtos como blocos de vedação e telhas.

Apesar da importância das indústrias de cerâmica vermelha este setor, no Brasil, enfrenta graves problemas relacionados à exploração de jazidas, à gestão organizacional e tecnológica, à baixa qualidade dos produtos cerâmicos vermelhos etc. <sup>(2)</sup>.

No Maranhão, a maioria das indústrias apresentam esses e outros problemas que afetam o setor cerâmico do Brasil, entre os quais, pode-se citar: i) Mão de obra com baixa escolaridade e não qualificada; ii) Uso de processos produtivos tradicionais com pouca eficiência; iii) Desconhecimento das matérias-primas e suas características tecnológicas e iv) Equipamentos obsoletos e inadequados <sup>(3)</sup>.

De modo geral a qualidade dos produtos cerâmica vermelha depende muito do bom desempenho das etapas do processo, que é resumido em três grandes etapas: preparação da massa cerâmica, conformação do produto e tratamento térmico <sup>(4)</sup>.

Diante da atual situação é importante conhecer de imediato as características e propriedades tecnológicas das massas retiradas da boquilha para que possa ser utilizada adequadamente. Para isso foram coletadas massas da boquilha que foram submetidas aos ensaios de caracterização e propriedades mecânicas, tais como: difração de raios X, análise química, tensão de ruptura à flexão, retração linear, absorção de água, etc.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletadas cinco amostras extraídas das boquilhas (massa cerâmica vermelha) de indústrias diferentes identificadas por MIT-1B, MIT-02, MIT-03, MIT-04 e MIT-05. As amostras provenientes das boquilhas foram massas preparadas para a fabricação de blocos de vedação.

Todas as amostras foram preparadas separadamente para os ensaios de caracterização obedecendo aos seguintes critérios: secagem a  $50^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$  por 48 h para a retirada da umidade. Em seguida para reduzir mais o tamanho dos grãos a amostra passou por um almofariz de porcelana e posteriormente na peneira nº 40 (420  $\mu\text{m}$ ). Em seguida foram retiradas amostras para os ensaios de caracterização e ensaios tecnológicos.

A determinação da composição química das matérias-primas foi realizada por Espectrometria de Fluorescência de Raios X (FRX), utilizando espectrômetros WDS sequencial, modelo *Axios Minerals* da marca PANalytical, com tubo de raios X cerâmico, anodo de ródio (Rh) e máximo nível de potência 2,4 kW.

As fases minerais foram identificadas por difração de raio X (DRX), utilizando um difratômetro de raio X modelo X'PERT PRO (PW 3040/60), da PANalytical, com Goniômetro PW3050/60 (Theta/Theta), tubo de raios X cerâmico de anodo de Cu ( $\text{CuK}_{\alpha 1} = 1,5406 \text{ \AA}$ ), modelo PW3373/00, foco fino longo, 2200 W, 60 kV.

O comportamento térmico das amostras foi estudado por meio análise termogravimétrica (TG) e por calorimetria diferencial de varredura (DSC), num equipamento modelo STA 449 C da NETZSCH.

Para avaliar as propriedades tecnológicas foram conformados corpos de prova de perfil retangular de dimensões 80 x 20 x 7,0 mm por prensagem uniaxial a 25 MPa e posteriormente secos em estufa a  $110^{\circ}\text{C} (\pm 5^{\circ}\text{C})$  durante 24h. Após a pesagem os corpos de prova foram submetidos à queima de 950 e  $1050^{\circ}\text{C}/4\text{h}$  em um forno elétrico, em atmosfera oxidante com uma taxa de aquecimento de  $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ .

Por fim foram realizados os ensaios de retração linear, absorção de água, tensão de ruptura à flexão e porosidade aparente, seguindo as normas de acordo com os procedimentos apresentado na literatura por Santos (1989) <sup>(5)</sup> e as normas da ABNT, NBR 6462-97 para a tensão de ruptura à flexão <sup>(6)</sup>.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o resultado da análise química das amostras retiradas da boquilha. Todas as amostras apresentam teores de SiO<sub>2</sub> acima de 66%-p, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 13-16%-p com Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 3-5%-p. Também se observa que todas as amostras apresentam um teor de óxidos fundentes (K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) entorno de 3%-p com exceção da amostra MIT-03. Todas as amostras apresentaram perda ao fogo semelhante, variando entre 5,32 – 7,76%-p, o que indica a pouca matéria orgânica e a presença de quartzo livre.

Tabela 1- Composição química das matérias-primas (% em peso) obtida por FRX.

Amostras	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	MnO	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PF
MIT 01	70,19	13,97	3,95	0,97	<0,10	0,66	2,73	0,20	0,58	<0,10	6,60
MIT 02	68,93	15,02	4,00	1,02	<0,10	0,76	2,70	0,12	0,58	<0,10	6,69
MIT 03	68,90	15,82	4,13	0,64	<0,10	0,98	1,41	<0,10	0,21	<0,10	7,74
MIT 04	66,51	16,54	4,83	0,93	<0,10	0,88	2,20	<0,10	0,23	<0,10	7,76
MIT 05	72,43	13,73	3,31	0,80	<0,10	0,80	2,54	0,17	0,76	<0,10	5,32

P.F.: Perda ao Fogo a 1100 °C

A Figura 1 é apresentada os difratogramas das amostras estudadas.

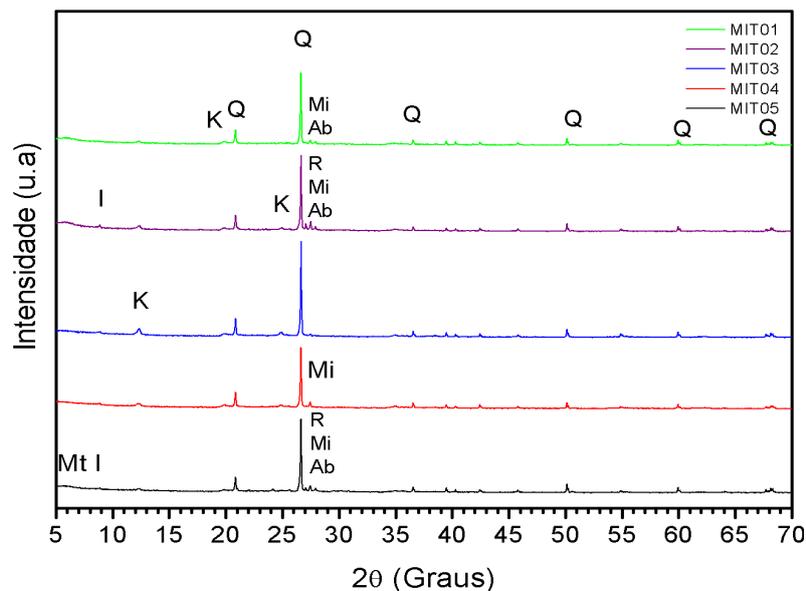


Figura 1 - Difratogramas das amostras coletadas na boquilha

Em todas as amostras observa-se a predominância do mineral quartzo (Q), bem como, picos de caulinita (K). Nas amostras MIT 02 e MIT 05 se detectam os argilominerais illita (I), montmorilonita (Mt). A presença do mineral Albita-Ab ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) se observa nas amostras MIT 01, MIT 02 e MIT 05; microclina (Mi) nas amostras MIT 01, MIT 02, MIT-04 e MIT 05 e rutilo (R) nas MIT-02 e MIT 05 confirma os valores acima de 3% na análise química para os alcalinos na Tabela 1.

As curvas de TG/DSC das amostras estudadas são mostradas nas Figuras 2 e 3.

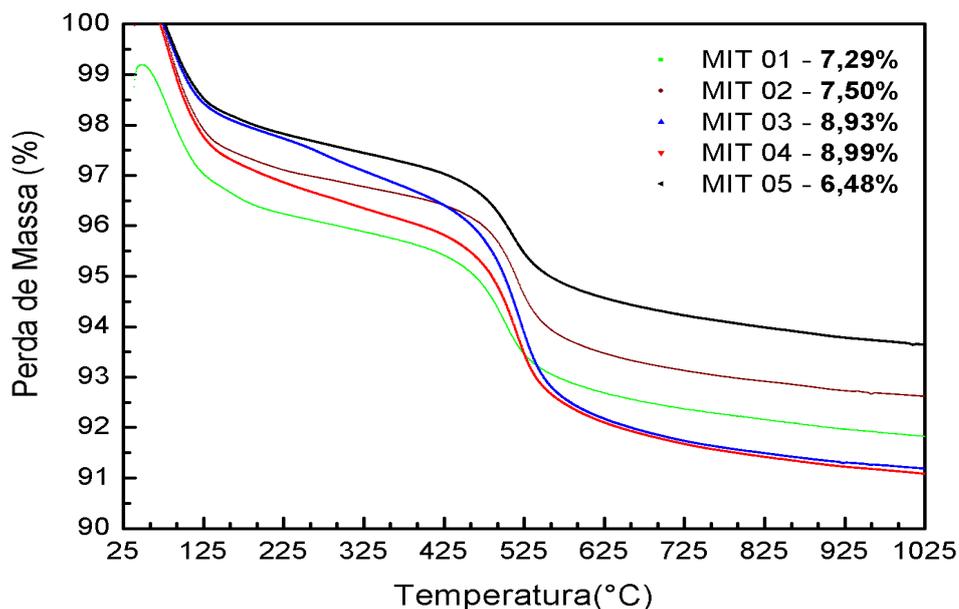


Figura 2 - Curvas TG das amostras coletadas na boquilha

Os resultados da variação da massa em função da temperatura obtidos a partir da curva TG (Figura 2), mostram que as amostras MIT 03 e MIT 04 apresentaram maiores valores de perda de massa 8,93 e 8,99%, respectivamente, o que está em concordância com os valores da perda ao fogo obtido nas análises químicas (Tabela 1).

Nas curvas DSC (Figura 3) observa-se claramente que todos os materiais estudados apresentam comportamento térmico semelhante. Nestas curvas podem-se observar vários efeitos térmicos bem definidos, característicos de argilas cauliniticas:

O primeiro efeito endotérmico que se observa entre 60 -150°C é atribuído à perda por evaporação da água adsorvida a superfície das partículas do material. Um segundo efeito endotérmico é observado entre 425 - 625°C que esta associada à desidroxilação da caulinita seguida do colapso da estrutura cristalina Figura 3 - Curvas DSC das amostras coletadas na boquilha.

deste mineral com a formação da fase amorfa metacaulinita de acordo com a seguinte reação:

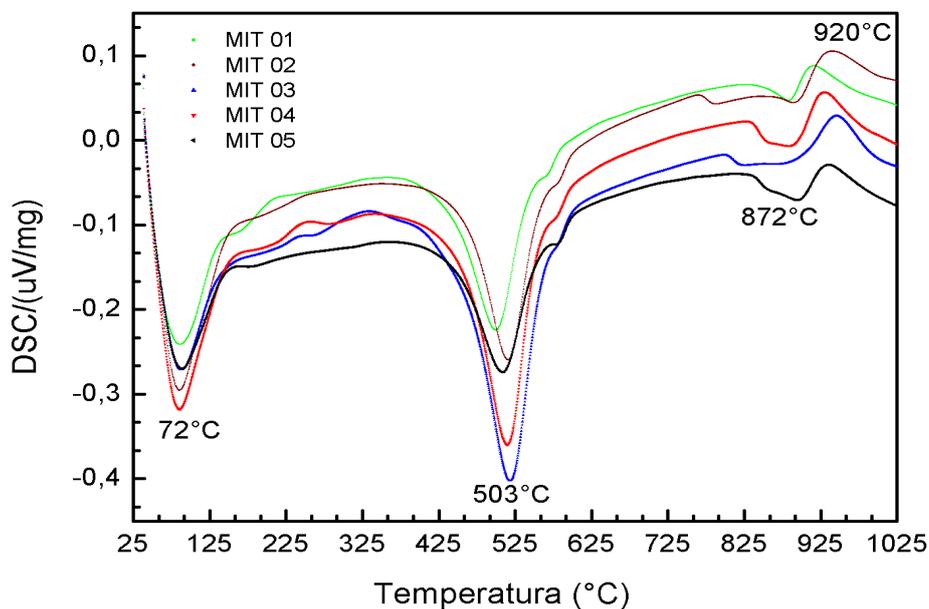


Figura 3 - Curvas DSC das amostras coletadas na boquilha

As Figuras 4 e 5 mostram os resultados dos ensaios de retração linear e absorção de água das massas cerâmicas boquilha das 05 indústrias visitadas em Itapecuru Mirim. Verifica-se que a temperatura de 950°C/4h as massas apresentam uma Retração Linear de Queima (Figura 4-a) entre 0,25 – 0,55 % com valores de Absorção de Água (Figura 4-b) entre 10,95 – 14,26%. Com o aumento da temperatura de queima de 950 para 1050°C, se observa um aumento na Retração Linear (Figura 4) em todas as amostras, com diminuição da porosidade aparente de 22,65% para 17,05% (Figura 5-a), indicando a sinterização das amostras.

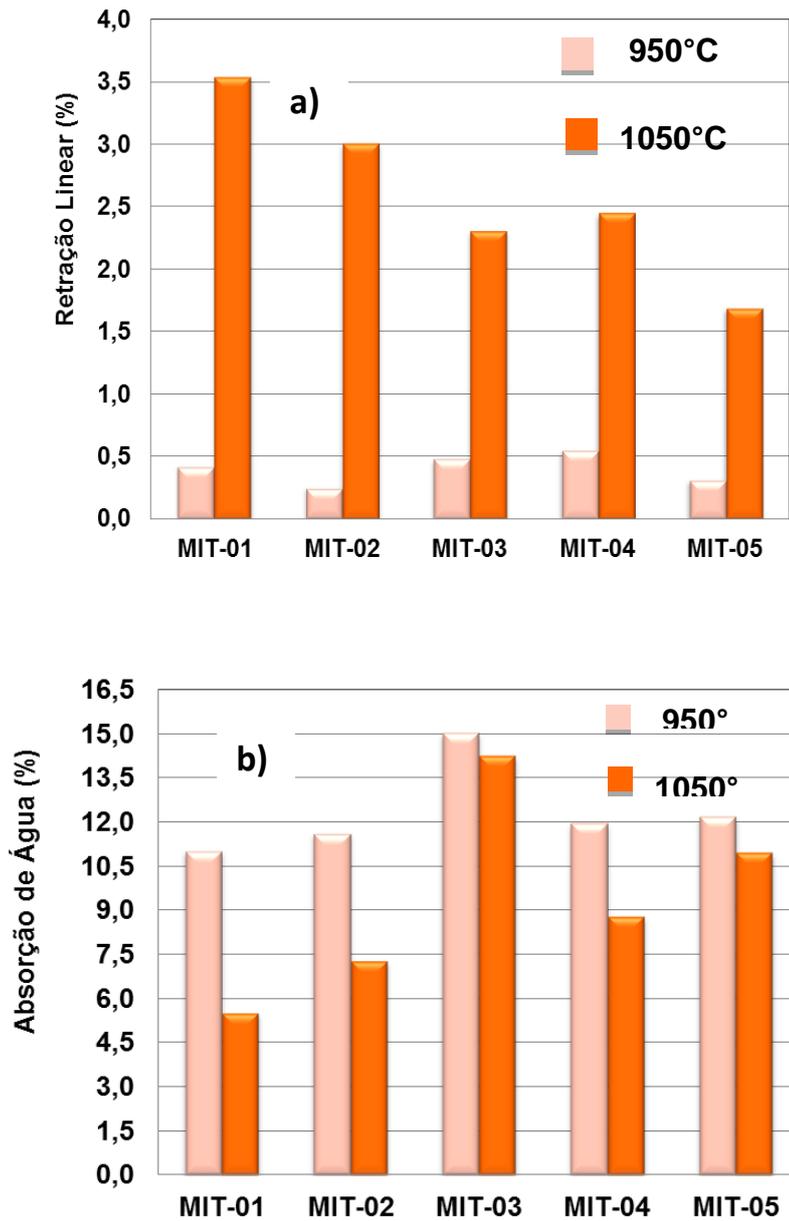


Figura 4 – Ensaio tecnológicos após queima a 950°C/4h e 1050°C/4h das massas estudadas: a) Retração linear após queima; b) Absorção de água.

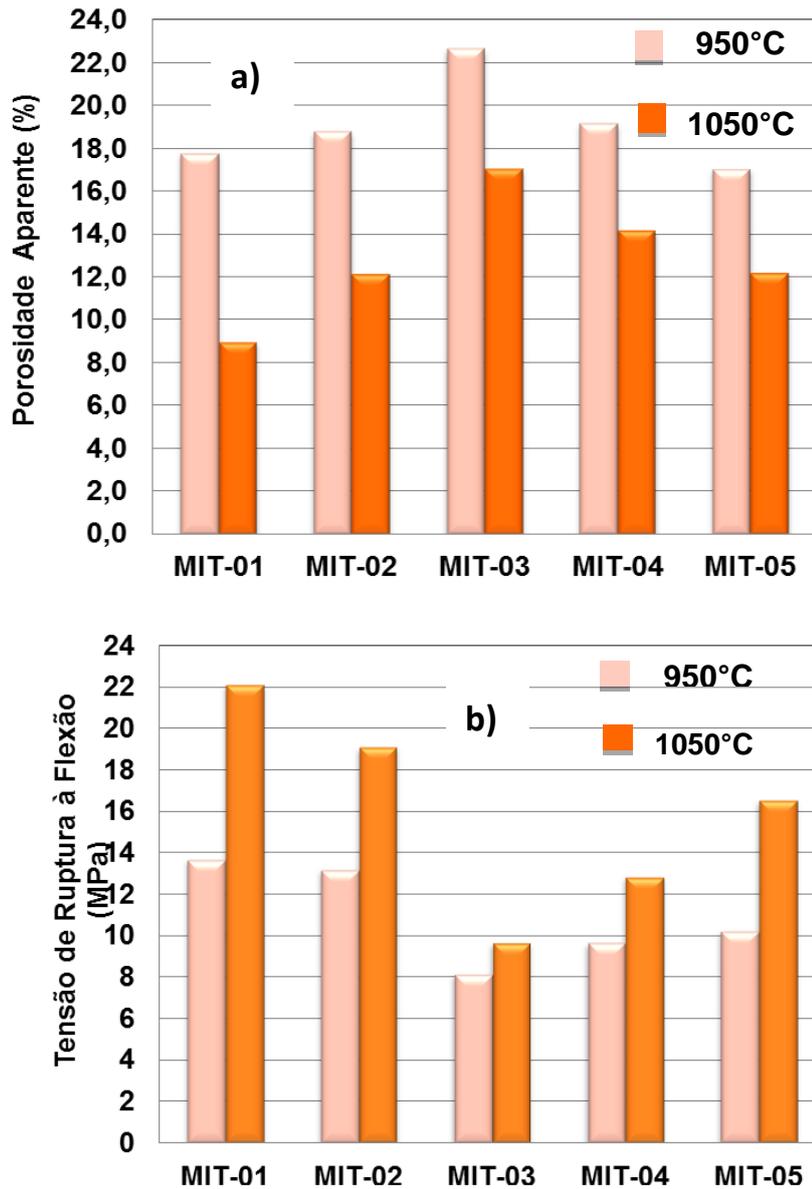


Figura 5 – Ensaio tecnológicos após queima a 950°C/4h e 1050°C/4h das massas estudadas: a) Porosidade Aparente; b) Tensão de Ruptura à Flexão em três pontos.

Na Figura (5-b) se observa a 950 °C/4h que a Tensão de Ruptura à Flexão varia entre 8,13 – 13,66 MPa. O aumento da temperatura (1050°C/4h) provoca um aumento significativo na TRF atingindo valores entre 9,63 e 22,66 MPa, com valores de Absorção de Água e Porosidade Aparente entre 5,51 – 12,17% e 8,95 – 17,03%, respectivamente.

Tabela 2 – Valores limites recomendados para fabricação de produtos de cerâmica vermelha<sup>(6)</sup>.

Parâmetro	TA	TE	Telhas	LPV
TRF a 110°C (mínimo)*	1,5 MPa	2,5 MPa	3,0 MPa	---
TRF após queima (mínimo)	2,0 MPa	5,5 MPa	6,5 MPa	---
AA de água (máximo)	---	25%	20%	Abaixo de 1%
Cor	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha

\*- Tensão de ruptura à flexão em três pontos da massa seca a 110 °C;

TA = Telha de alvenaria

TE = Tijolo estrutural

LPV = Ladrilho de piso vermelho

De acordo com os resultados obtidos e com base nos valores apresentados na Tabela 2, todas as amostras estudadas apresentam valores das propriedades tecnológicas superiores aos valores limites recomendados para fabricação de Tijolos de Alvenaria, Tijolos Estruturais e Telhas. Entretanto as massas MIT 03 e MIT 04 apresentaram valores da TRF, PA E AA, inferiores as outras massas estudadas o que requer de um estudo mais detalhado da sua granulometria e/ou umidade de extrusão.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos têm-se as seguintes conclusões:

A caracterização mineralógica por DRX das matérias-primas retiradas na boquilha permitiram identificar argilas cauliniticas que apresentam como fases minerais minoritárias ilita, feldspato (albita), microclínio e rutilo.

- O comportamento térmico das amostras indica que todas as amostras apresentaram um comportamento semelhante típico de argilas cauliniticas;
- Os ensaios tecnológicos mostraram que as massas usadas como matérias-primas no município de Itapecuru Mirim – MA, apresentam boa qualidade para serem utilizadas na fabricação de produtos cerâmicos de cerâmica vermelha ou estrutural, com exceção da amostra MIT 03 e MIT 04 na temperatura 1050°C, sendo

necessário um melhor ajuste nos parâmetros como umidade e granulometria na massa dos componentes plásticos e não plásticos.

## 5. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão – FAPEMA, CAPES PROCAD-Amazônia/2006 pelo apoio financeiro e bolsas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. J. M. Rivas Mercury, G.F.G. Freitas, A. E. M. Paiva, N.S.L.S. Vasconcelos, E. Azevedo, A.A. Cabral Jr., **Estudo das Características Físicas e Mecânicas de Blocos Cerâmicos Produzidos nos Municípios de São Luís e Rosário no estado do Maranhão**. 51º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 3 a 6 de junho de 2007.
2. CABRAL Jr. M.; CRUZ Da., T. T.; TANNO, L. C. **Central de massas: uma alternativa para o aprimoramento do suprimento de matéria-prima à indústria cerâmica vermelha**. Cerâmica Industrial, v. 14 n. 5/6, p. 12 – 19, set/dez., 2009.
3. CORREIA, S. G., **Caracterização de massa cerâmica e avaliação da conformidade dos blocos de vedação fabricados no município de Itapecuru Mirim – MA**. 2011. p.96, Dissertação de Mestrado em Engenharia dos Materiais, Programa de Pós Graduação de Engenharia dos Materiais (IFMA), São Luís, 2006.
4. DUTRA, R. P. S. et al. **Avaliação da potencialidade das argilas do Rio Grande do Norte, Brasil. Parte II: Propriedades tecnológicas**. Cerâmica Industrial, v. 13, n. 1/2, p. 47 – 49, jan./abr., 2008.
5. SANTOS, P. S., **Ciência e tecnologia de argilas**. Edgard Blucher, v.1, 1989.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – (ABNT), NBR 6462-97, **Determinação da carga de ruptura a flexão**, Rio de Janeiro, 1997

## ABSTRACT

In Maranhão state there are four industrial poles (Rosario, Timon , Itapecuru Mirim and Imperatriz) of heavy clay products producing blocks and tiles to supply the construction industry. Despite the economic importance of this segment to the state's economy, these industries are mostly composed by small familiar industries and medium sized businesses that face a number of problems related to production. To minimize such problems studies of mineralogical and technological properties of red ceramic material used in the manufacture of bricks in the Itapecuru Mirim municipality were performed. The samples were taken from the extrusion nozzles in five industries of the city, which were subjected to following technological tests: X-Ray Diffraction ( XRD ), Chemical Analysis, Thermogravimetric Analysis (TGA ), Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Plasticity ( IP ), Flexural Tensile Strength ( TRF ), Linear Shrinkage ( RL ), Water Absorption ( AA ). The results confirmed that the ceramic bodies have a moderate plasticity and appropriate technological properties for ceramic processing, but it is necessary to control the moisture content and particle size distribution.

**KeyWords:** Ceramic batch, heavy clear; technological properties, characterization.