

## Estudo da Reutilização de Resíduos de Telha Cerâmica (Chamote) em Formulação de Massa para Blocos Cerâmicos

Oliveira, Y. L.<sup>a\*</sup>, Linhares Júnior, Z.<sup>b</sup>, Ancelmo L.<sup>b</sup>, Soares R. A. L.<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Teresina, PI, Brasil

<sup>b</sup> Instituto Federal do Piauí – IFPI, Teresina, PI, Brasil

\*e-mail: [yascaralopes@gmail.com](mailto:yascaralopes@gmail.com)

### Resumo

O desperdício gerado nas atividades e processamento da indústria cerâmica é uma das preocupações do setor, o resíduo provocado por descarte de peças com defeito, na maioria das vezes não são reaproveitados ou reincorporados em processos produtivos. O descarte destas peças gera um problema ambientalmente negativo e consequências para o setor cerâmico. O resíduo de material cerâmico reduzido granulometria adequada é chamote. O presente trabalho visa o reaproveitamento do chamote de telhas, fazendo-se a reincorporação deste material na massa cerâmica para a produção de blocos cerâmicos de vedação. Para análise deste trabalho foram utilizadas como matérias-primas de argilas da região da grande Teresina-PI e o chamote de telhas, onde estes foram caracterizados por análise mineralógica, análise química e análise granulométrica. Foram analisados também o índice de plasticidade das formulações. Para a composição das massas foram realizadas formulações com percentuais de concentração de 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de chamote na massa cerâmica. Foram confeccionados corpos de prova por extrusão e queimados nas temperaturas de 850 °C, 900 °C 950 °C e 1000 °C. Em seguida foram realizados os ensaios tecnológicos de retração linear de queima, absorção de água e tensão de ruptura a flexão após queima. Também foram realizadas análises microestruturais nas amostras queimadas. Os resultados mostraram que a incorporação do chamote na massa cerâmica é viável sendo que em alguns casos melhorou as propriedades tecnológicas do produto final, viabilizando uma alternativa para a indústria cerâmica e solução para minimizar os impactos ambientais gerados pelo descarte dos resíduos da própria indústria cerâmica.

**Palavras-chave:** argila, chamote, blocos cerâmicos, reaproveitamento, propriedades tecnológicas.

## 1. Introdução

No mundo, são gerados milhões de toneladas de resíduos inorgânicos, entre eles os cerâmicos, tradicionalmente estes resíduos são reutilizados como lastros de pavimentos ou descartados em aterros sem qualquer tratamento, podendo assim prejudicar o meio ambiente, esta situação encontra-se também no Estado do Piauí. A indústria cerâmica é reconhecida como uma das mais importantes potências da construção civil, o setor tem como desafio conciliar sua principal atividade produtiva com as condições que conduzam a um desenvolvimento sustentável e menos agressivo ao meio ambiente. Trata-se de uma questão bastante complexa, que requer mudanças culturais e de atitude, com base na redução, reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos sólido<sup>1</sup>.

Os problemas ambientais gerados pelas indústrias cerâmicas são: o desmatamento causado pela lavra do minério provocando cava no solo e imensos buracos, o desmatamento causado pelo corte da vegetação para a produção de lenha como matriz energética para a indústria, o descarte dos resíduos<sup>2</sup>. O impacto ambiental causada por essas intervenções são a desertificação, a poluição de gases na atmosfera, o efeito estufa, aterros e assoreamentos de córregos e rios.

Uma das alternativas para minimizar esses impactos é a reincorporação e/ou reutilização de resíduos num ciclo produtivo, devem representar uma opção de recuperação dessas matérias tanto no aspecto ambiental como no aspecto econômico para indústria cerâmica. Essa reincorporação ou reutilização é dada através de formulações a massa cerâmica, com o objetivo de fabricação de produtos cerâmicos como os blocos cerâmicos, telhas e lajotas, colocando-se assim como das opções viáveis para a indústria cerâmica.

Levando-se em consideração a abordagem ambiental onde se objetiva o desenvolvimento sustentável, com a minimização do descarte dos materiais oriundos das atividades industriais, o presente trabalho vem como alternativa para a utilização do chamote na fabricação de blocos cerâmicos, verificando sua influência nas características tecnológicas dos mesmos.

## 2. Material e Métodos

A massa cerâmica e o resíduo de telha utilizados na pesquisa foram adquiridos em Indústria cerâmica localizada na localidade na região da Grande Teresina capital do Piauí. Estes materiais foram caracterizados

em sua composição química por Fluorescência de raios X (FRX) e mineralógica por difração de raios X (DRX). Para as formulações das massas cerâmicas aplicadas na pesquisa, a massa industrial não passou por nenhum beneficiamento. O resíduo de telha foi triturado e moído até passar na peneira de 40 mesh. As composições das massas foram elaboradas com adição do chamote em peso variando de 0% a 20% como mostrado na Tabela 1.

A análise granulométrica das matérias-primas foi determinada por peneiramento, utilizando seis peneiras da ABNT. As peneiras foram colocadas de cima para baixo segundo a ordem de maior abertura (850 µm) para menor (45 µm) seguido do fundo. As peneiras então foram agitadas por um agitador elétrico por um período de 20 minutos. Em seguida foi pesado o material retido em cada peneira e fundo.

Para avaliar a trabalhabilidade da argila com adição do chamote, determinou-se a plasticidade das composições através dos limites de Atterberg, de acordo com as normas técnicas NBR 6459/84 e NBR 7180/84 da ABNT.

Para conformação dos corpos de prova por extrusão, as massas cerâmicas foram umedecidas em 20% de teor de água da massa total, homogeneizadas e em seguida colocadas em recipientes plásticos vedados por um período não inferior a 24 horas. Depois de conformados nas dimensões de 2,5 × 1,5 × 10 cm, os corpos de prova foram secos em estufa a 110 °C por um período mínimo de 24 horas.

A etapa de queima dos corpos de prova foi realizada em forno de laboratório nas temperaturas máximas de queima de 850 °C, 900 °C, 950 °C e 1000 °C. A taxa de aquecimento foi de 2 °C/min e patamar de 45 minutos na temperatura máxima. O resfriamento ocorreu de forma natural, com as amostras dentro do forno desligado, até atingir a temperatura ambiente.

Para avaliar as propriedades de cada produto final, foram realizados ensaios de retração linear (RL), absorção de água (AA) e tensão de ruptura à flexão (TRF). A microestrutura foi avaliada por DRX e por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

### 3. Resultados e Discussão

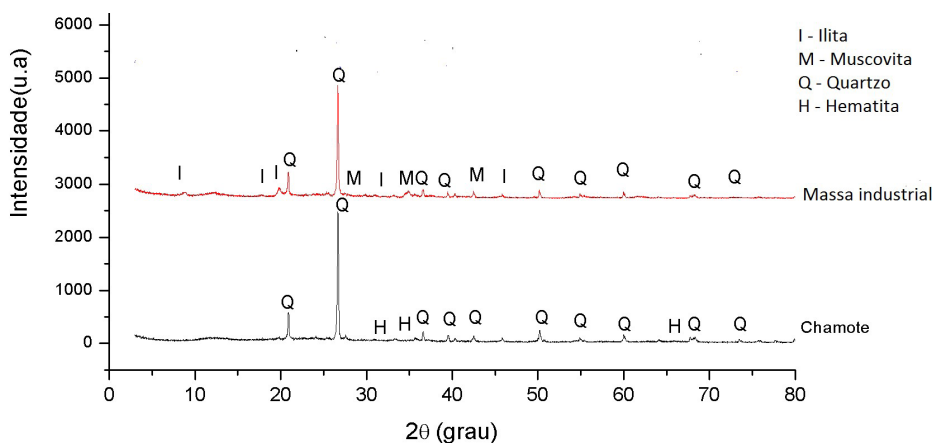
Os resultados da análise química por fluorescência de raios X apresentados na Tabela 2, mostra que a massa industrial tem como composições majoritárias os óxido de silício (SiO<sub>2</sub>) e de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), que estão associados aos componentes argilominerais e quartzo (SiO<sub>2</sub>) identificados na análise mineralógica por difração de raios X da Figura 1. O Óxido de Ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) tem a terceira maior concentração. Este componente é fundamental para conferir a coloração avermelhada do produto cerâmico.

**Tabela 1.** Composições das massas em diferentes teores de chamote.

Composições das massas	Concentrações em peso (%)	
	Massa industrial	Chamote
M0	100	0
M5	95	5
M10	90	10
M15	85	15
M20	80	20

**Tabela 2.** Composição química das matérias-primas.

Matéria-prima	Componentes químicos (%)							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Outros
Massa cerâmica	59,3	20,9	8,6	4,1	1,5	2,6	0,9	2,1
Chamote	66,5	20,4	8,6	1,0	1,5	1,2	0,1	0,7



**Figura 1.** Gráfico de difração de Raio X das matérias-primas.

O potássio identificado na análise química está associado ao argilomineral illita  $[(K,H_3O)Al_2Si_3Al_{10}(OH)_2]$  e a muscovita  $(KA_3Si_3O_{10}(OH)_2)$  presente na massa industrial. Esta última representa a fase intermediária entre o feldspato e a caulinita, pois o processo de transformação do feldspato em caulinita acontece por intemperismo ou ação hidrotermal. O Óxido de Potássio ( $K_2O$ ) também é um componente importante em uma massa para a fabricação de cerâmica queimada em menor temperatura e de baixa porosidade devido sua ação fundente durante a queima, pois promove a formação de fase líquida a baixa temperatura e efetivando melhor o processo de sinterização.

A composição química do chamote é similar da massa básica, devido ser oriundo da queima de uma massa também argilosa. Tal resultado é corroborado com a sua composição mineralógica, onde foram identificados cristais de quartzo ( $SiO_2$ ) e hematita ( $Fe_2O_3$ ).

O quartzo tem a função de manter a estabilidade dimensional da peça durante a queima, pois somente uma parte se dissocia para formar fase líquida no processo de formação da fase vítrea após o resfriamento do corpo cerâmico, fazendo parte de sua estrutura final.

Os resultados da granulometria apresentados na Tabela 3, mostram a percentagem retida acumulada em cada peneira das composições das massas. Conforme a ABNT NBR 6502/1995<sup>3</sup>, de acordo com a granulometria, todas as formulações foram classificadas como solo areno-siltoso como mostra a Tabela 4. A mistura M10, com 10% de chamote, apresentou a maior quantidade de areia entre todas as formulações apresentadas. A mistura M5, com 5% de chamote, mostra o menor quantitativo de areia grossa entre todas as formulações. Essa granulometria influencia a plasticidade das formulações.

É necessário o controle adequado da composição granulométrica de massas cerâmicas. A granulometria mais fina contribui para reatividade mais eficiente durante a sinterização devido ao aumento da superfície de contato<sup>4</sup>.

O excesso de materiais plásticos ou não-plásticos acarreta problemas ao processamento, bem como ao produto final<sup>5</sup>.

Pode-se observar que à medida que se adiciona o chamote à massa básica, há uma diminuição do índice de plasticidade. Estes resultados podem estar relacionados a própria natureza conforme Figura 2 do chamote que é um material não plástico. A redução da plasticidade com a adição de chamote é importante para a produção de cerâmica estrutural, pois a alta plasticidade de uma massa cerâmica dificulta a sua trabalhabilidade podendo muitas vezes danificar os equipamentos de produção<sup>5</sup>.

Observa-se na Figura 3 que todas as retrações de queima foram menores que 2,4%. Isto ocorre devido a menor temperatura de queima aplicada em cerâmica estrutural que não permite que ocorra uma sinterização mais efetiva. Este comportamento de retração é atribuído ao fechamento da porosidade, que possibilita a densificação das peças acompanhada de retração dos componentes da massa cerâmica.

Segundo<sup>6</sup>, os valores de referência para a retração linear de queima de cerâmica estrutural é ótima quando menor que 1,5% e aceitável entre 1,5% e 3%. De acordo

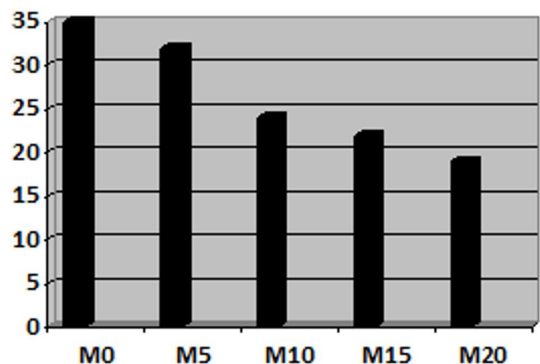


Figura 2. Índice de plasticidades (%) das formulações (IP% X Formulações com Chamote).

Tabela 3. Distribuição granulométrica das formulações.

Peneira da ABNT	Abertura (mm)	Concentrações em Peso e Percentual (%)				
		M0	M5	M10	M15	M20
10	2,00	0,60	1,40	11,72	4,20	4,2
25	0,710	0,60	6,60	7,72	6,70	8,3
45	0,355	4,80	18,40	6,42	6,00	6,2
80	0,177	36,40	27,80	36,90	49,10	14,6
100	0,150	11,50	4,30	3,22	5,30	24,3
Fundo		46,10	41,50	34,02	28,70	42,4

Tabela 4. Classificação das frações granulométricas com as formulações.

Classificação NBR6502/1995	Abertura (mm)	Concentrações em Percentual (%)				
		M0	M5	M10	M15	M20
Areia grossa	2,0 a 0,6	1,20	8,00	18,60	10,90	12,50
Areia média	0,6 a 0,2	41,20	46,20	43,00	55,10	20,80
Areia fina	0,2 a 0,06	11,50	4,20	2,80	5,30	24,30
Silte	0,06 a 0,002	46,11	41,50	33,60	28,60	42,40

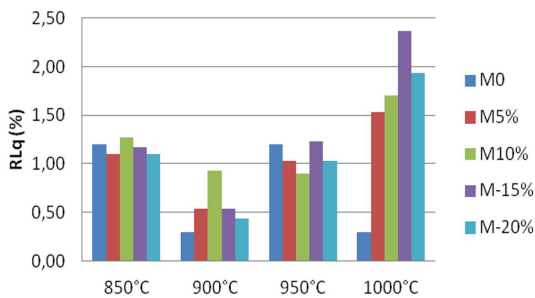


Figura 3. Gráfico de Retração Linear após Queima (RLq).

com os resultados, verifica-se que a retração de queima ficou dentro do padrão ótimo ou aceitável em todas as formulações com adição de chamote e em todas as temperaturas de queima.

De acordo com a Figura 4, observa-se que as composições com adição de chamote tiveram menor absorção de água com relação a amostra padrão. Isto pode ter ocorrido pelo melhor empacotamento entre as partículas da massa padrão e o chamote promovendo o maior fechamento dos poros durante a queima.

Também vale ressaltar que todos os resultados encontrados da AA estão de acordo com as normas vigentes regulamentadas pela ABNT para tijolos, a NBR15270-2/2005 indica que o índice de absorção d'água deve ser entre 8% e 22%.

Conforme se observa na Figura 5, os resultados da resistência mecânica após secagem (110 °C) mostram que ocorreu um aumento de seu valor com a adição do chamote em todas as proporções. Esta ocorrência se deve, provavelmente, pelo maior empacotamento das partículas na conformação dos corpos de prova por extrusão, que promoveu o maior fechamento dos poros das amostras secas aumentando assim a sua resistência mecânica. A maior resistência após secagem é muito importante para não ocorrer defeitos nas peças secas durante o manuseio até o forno.

Nos resultados de resistência mecânica após queima apresentados na Figura 6, observa-se, de um modo geral, que todas as formulações aumentaram a resistência mecânica com o aumento da temperatura. A resistência mecânica se relaciona inversamente com a porosidade e diretamente com a densidade do corpo cerâmico, ou seja, a maior resistência é obtida quando há simultaneamente, baixa porosidade e maior adensamento das partículas.

Também se observa que todas as composições com adição de chamote obtiveram valores maiores do que a massa básica e os melhores resultados foram com a formulação com 5% de chamote. Isto é bastante motivador para a utilização do chamote como matéria-prima alternativa para a produção de blocos cerâmicos, demonstrando uma grande potencialidade do chamote em aplicações cerâmicas.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 7, as duas amostras, uma sem o chamote (M0) e a outra com a maior concentração de chamote (M20), apresentaram a mesmas fases cristalinas após queima à 850 °C, a muscovita,

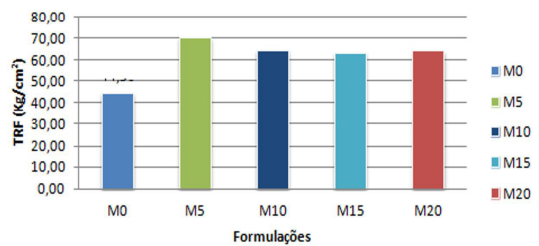


Figura 4. Gráfico de Absorção de Água.

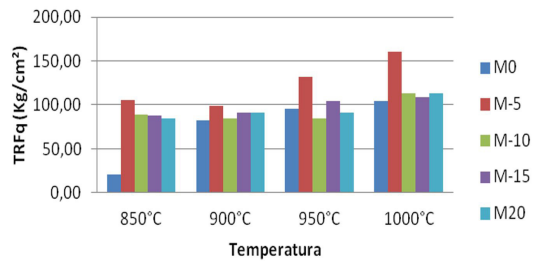


Figura 5. Gráfico de Tensão de Ruptura a Flexão após Secagem.

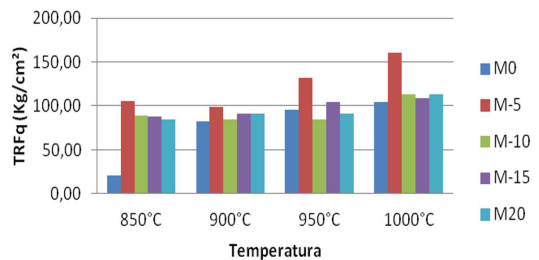


Figura 6. Gráfico de Tensão de Ruptura a Flexão de Queima.

o quartzo e a hematita, não se identificando mais a ilita. Após a sinterização das argilas, há a transformação das estruturas cristalinas possibilitando a formação de novas fases cristalinas ou amorfas para as estruturas dos corpos cerâmicos. A identificação da muscovita é um indicio que na temperatura de 850 °C não ocorreu a quebra total da estrutura cristalina deste componente.

Na queima à 1000 °C das amostras M0 e M5 foram identificados picos relativos as fases cristalinas de quartzo (SiO<sub>2</sub>), hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e espinélio (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), não identificando mais a muscovita. Conforme mostra o Difratoograma de Raio X na Figura 8 A esta temperatura o potássio associado a ilita e a muscovita promove uma maior formação de fase líquida aumentando assim a resistência mecânica do material cerâmico, como foi verificado nos resultados da TRF. A formação do espinélio também contribuiu para o aumento da TRF dos corpos de prova destas amostras queimadas a 1000 °C.

A metacaulinita se transforma em espinélio com a saída de sílica amorfa, pequenos cristais cúbicos de mulita primária começam a se desenvolver após um

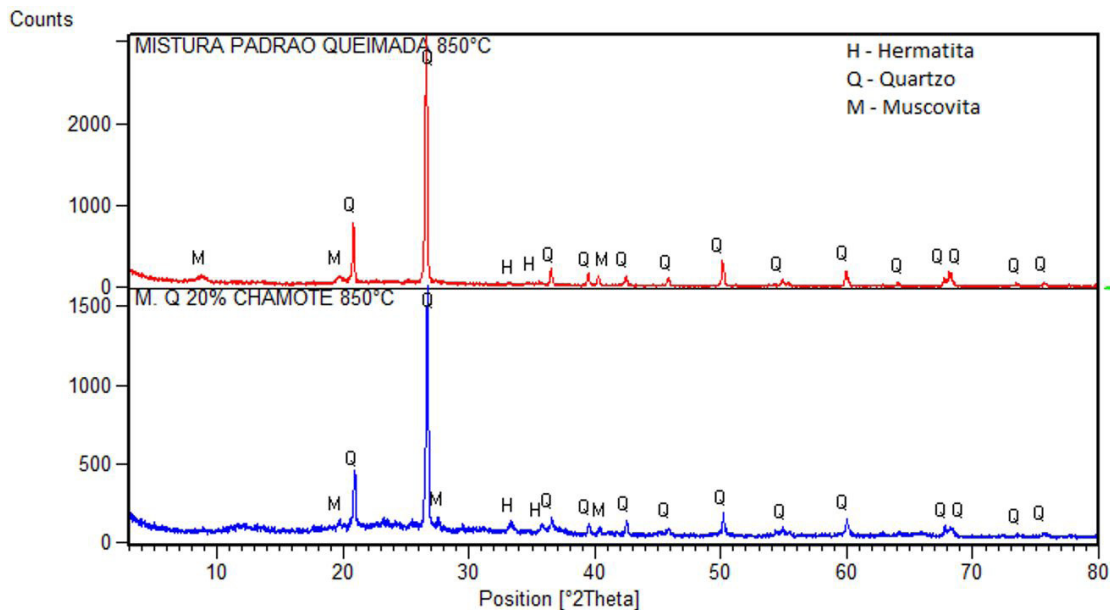


Figura 7. Difratoograma de Raio X das amostras M0 e M20, queimadas à 850 °C.

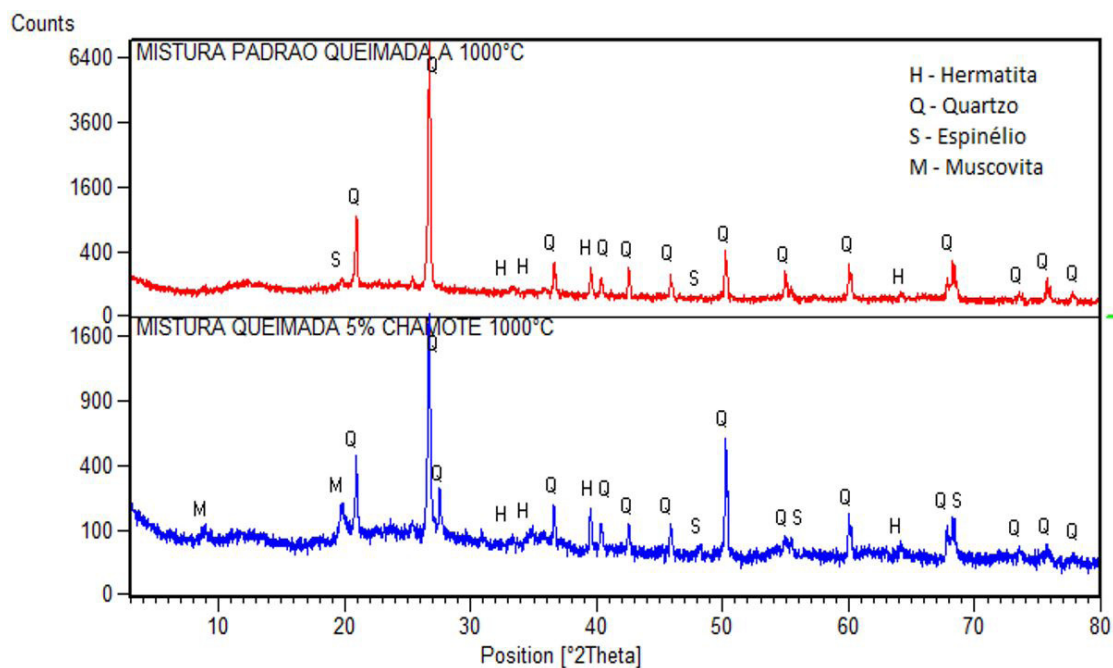
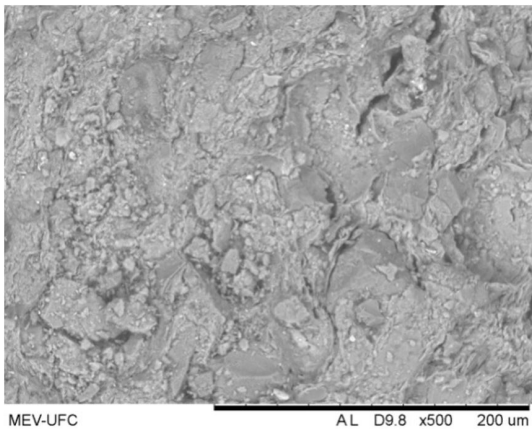


Figura 8. Difratoograma de Raio X das amostras padrão M0 e M5, queimadas à 1000 °C.

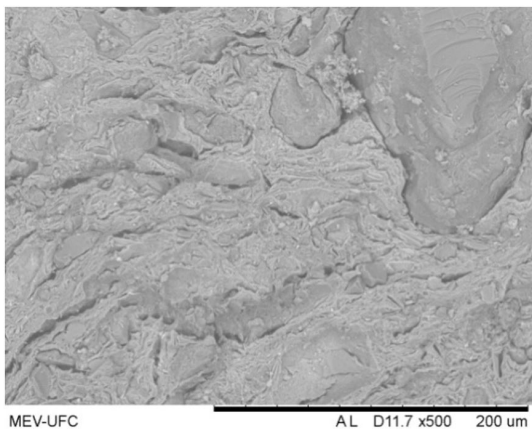
aquecimento adicional em presença de fase líquida, cristais de mulita secundária em forma de agulha. O  $K_2O$  que são fundentes e atuam na formação de fase líquida que preenche os vazios na microestrutura do material, contribuindo para a densificação e reduz a porosidade pelo processo de vitrificação<sup>7</sup>.

Observa-se nas micrografias das amostras M0 e M20 queimadas a 850 °C (ver Figuras 9 e 10) que a textura da

superfície de fratura da formulação M0 se apresenta de forma mais rugosa e grosseira comparada com a formulação M20, o que indica um menor nível de sinterização. Também mostra uma boa interação e reatividade do chamote com a massa básica. Estes resultados concordam com os resultados da TRF, onde se verificou uma maior resistência mecânica dos corpos de prova com adição de chamote, principalmente com a adição de 5%.



**Figura 9.** Micrografia da mistura padrão M0 com ampliação 500X a 850 °C.



**Figura 10.** Micrografia da mistura M20 com ampliação 500X a 850 °C.

#### 4. Conclusões

Na caracterização das matérias-primas foram identificadas as fases cristalinas do argilomineral ilíta e muscovita que são materiais fundentes devido a presença do potássio. Também foi identificado a presença do quartzo. O chamote apresentou apenas quartzo e hematita devido ser um material já queimado. Estes resultados concordaram

com os componentes químicos das argilas ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) e do chamote ( $\text{SiO}_2$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

A granulometria apresentada por estas foram classificadas como predominante silte-arenoso e silte-argiloso. A plasticidade da massa de referência foi diminuída com o incremento do chamote.

Os resultados encontrados da absorção de água dos corpos cerâmicos a adição do chamote mostraram um maior fechamento dos poros comparados ao da massa básica. Este resultado é corroborado com os resultados de resistência mecânica, onde as amostras das formulações com teor de chamote obtiveram resultados superiores ao da massa de referência e a formulação com 5% de teor de chamote obteve os melhores resultados. Estas amostras apresentaram os maiores valores de TRF a 1000 °C. Isto pode estar associado a formação da fase cristalina espinélio e maior formação de fase vítrea promovida pelo potássio.

Os resultados mostraram que o uso do chamote na produção de cerâmica estrutural, é uma alternativa viável para o aumento da qualidade técnica do produto cerâmico estrutural e a melhoria da qualidade ambiental, pois a reutilização deste resíduo faz com que reduza o impacto ambiental provocado pelas indústrias deste setor.

#### Referências

1. INT. - Instituto Nacional de Tecnologia - Panorama de Indústria Cerâmica Vermelha no Brasil, Rio de Janeiro, 2012. disponível em [http://www.redladrilleras.net/documentos\\_galeria](http://www.redladrilleras.net/documentos_galeria). Acesso: Janeiro de 2015.
2. CASTRO, R. J. S., SOARES, R. A. L., NASCIMENTO, R. M. Produção de revestimento cerâmico semi-poroso com adição de chamote de telhas. **Revista Matéria**, v. 17, n. 4, 1166-1157, 2012.
3. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 6502 – Rochas e Solos - Terminologia, Rio de Janeiro, 1995
4. ROLLER, P.W.. Granulation of iron ore sinter feeds. **BHP Technical Bulletin**, v 25, nº 1, May, 1981.
5. SANTOS. P. Souza, Ciência e tecnologia de Argilas. São Paulo: Ed. Edgard Blücher LTDA, 1989.
6. DONDI. M. Caracterização Tecnológica dos Materiais Argilosos: Métodos Experimentais e Interpretação dos Dados. **Revista Cerâmica Industrial**, v. 11, n. 3, 36-40, 2006.
7. VIEIRA. C. M. F.; Feitosa, H. S.; Monteiro, S.N. Avaliação da Secagem de Cerâmica Vermelha através da Curva de Bigot. **Cerâmica Industrial**, 2003.