

INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO E DAS CONDIÇÕES DE QUEIMA SOBRE AS PROPRIEDADES DE PEÇAS OBTIDAS COM MASSAS DA CERÂMICA VERMELHA.

B. J.da Silva ¹; L. N. L. Santana ¹, W. P. Gonçalves ¹; R.C. dos Santos ¹; G. A. Neves ¹; R. S. Macedo ¹, R. R. Menezes ².

¹Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/DEP – PB, Departamento de Engenharia de Materiais- Aprígio Veloso, 820 – CEP 58109-970 – Campina Grande, PB, Brasil

²Universidade Federal da Paraíba, Campus de João Pessoa, Cidade Universitária João Pessoa -PB - Brasil - CEP - 58059-900
bartojorge@yahoo.com.br

RESUMO

Na Indústria da cerâmica vermelha, que tem as argilas como principal matéria prima, a queima é a uma das principais etapas do processamento. Atualmente se pratica duas taxas de aquecimento nesta etapa: a lenta e a rápida, a taxa lenta é utilizada pelos ceramistas brasileiros. Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da composição e das condições de queima sobre as propriedades físicas e mecânicas de peças obtidas com massas utilizadas em empresas de cerâmica vermelha. Primeiramente as massas foram caracterizadas, posteriormente extrudadas, secas e submetidas a queima nas temperaturas de 800, 900 e 1000°C, com taxas de aquecimento de 5, 15, e 30°C/min. As peças obtidas com a massa que apresentou menor teor de fundente apresentaram melhor estabilidade quando submetidas às taxas mais rápidas.

Palavras-chave: argila, cerâmica vermelha, taxa de aquecimento, propriedades tecnológicas.

INTRODUÇÃO

Dentre as etapas do processo de fabricação de peças da cerâmica vermelha, destaca-se a queima, etapa na qual ocorrem transformações estruturais (físicas e químicas), tais como: perda de água adsorvida, desidroxilação, consolidação do

formato da peça e formação de novas fases cristalinas, que são determinantes para as propriedades físico-mecânicas do produto final.

O comportamento das diferentes matérias-primas frente à ação do calor irá definir, em muitos casos, a tipologia de produto a serem fabricadas, suas características técnicas e as variáveis de queima empregadas, isto é, temperatura máxima de queima e a duração do ciclo de queima ⁽¹⁾.

Com a constante busca de novas tecnologias para se produzir com melhor qualidade, possibilitando uma alta produtividade com uma melhor relação custo-benefício, muitas pesquisas vem se despertando no processamento da cerâmica vermelha e a inclusão da queima rápida, a exemplo, nos produtos da cerâmica estrutural ou vermelha é atualmente uma importante técnica de inovação e em estudo de queima desse setor ⁽²⁾.

As propriedades mecânicas dos produtos de cerâmica vermelha são dependentes da composição das argilas e das condições de processamento empregados. Em particular a temperatura de queima é um parâmetro de processamento que influencia fortemente as propriedades mecânicas. A maioria das empresas de cerâmica vermelha no Brasil não utiliza uma temperatura de queima adequada na fabricação de seus produtos, o qual resulta em produtos de baixa qualidade ou com defeitos ⁽³⁾. Por outro lado, durante o processo de queima um conjunto bastante complexo de reações físico-químicas, dependentes da temperatura de queima, se processa no interior da massa cerâmica argilosa ⁽⁴⁾. Essas reações promovem a formação de novas fases cerâmicas, que são determinantes para as propriedades tecnológicas do produto final.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da composição e das condições de queima sobre as propriedades de peças obtidas com massas utilizadas em empresas de cerâmica vermelha.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas massas argilosas fornecidas por duas empresas da cerâmica vermelha, identificadas por massas I e II. As massas foram coletadas nas empresas fornecedoras, foram secas, posteriormente desagregadas, moídas e passadas em peneira ABNT nº 200 (abertura 0,074mm) para caracterização e na peneira ABNT nº 80 (abertura 0,18

mm) para serem processadas por extrusão. Os pós foram submetidos à caracterização química utilizando-se um espectrômetro de raios X por energia dispersiva (RAY – EDX 720, Energy Dispersive X-RAY Spectrometer – Shimadzu)

As massas foram umidificadas, até atingir a plasticidade adequada, permaneceram em repouso por 24 horas, e posteriormente foram submetidas ao processo de extrusão, obtendo-se corpos de prova com uma geometria retangular nas dimensões de 10,0 cm x 2,0 cm x 0,5cm. Em seguida foram queimados em um forno elétrico de laboratório, nas temperaturas de 800, 900°C e 1000 °C, com taxas de aquecimento de 5, 15 e 30 °C/min. Após a etapa de queima foram determinadas as seguintes propriedades: absorção de água, retração linear, porosidade aparente e resistência mecânica a flexão em três pontos. Para a determinação da resistência mecânica à flexão utilizou-se uma máquina de ensaios mecânicos da Shimadzu, Mod. Autograph AG-X – 50KN, operando a uma velocidade de 0,5 mm/min. Após a realização dos ensaios mecânicos, o material foi desagregado, passado em peneira ABNT nº 200 e submetido a análise mineralógica para identificar as fases formadas após a queima, realizadas em um equipamento LAB – XRD-6000, da Shimadzu.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 contém os resultados da caracterização química das massas estudadas.

Tabela 1 – Composição química das massas estudadas

Matérias-primas/ óxidos	Massa I (%)	Massa II (%)
SiO ₂	53,95	45,31
Al ₂ O ₃	23,93	23,92
Fe ₂ O ₃	4,85	10,02
K ₂ O	2,60	3,49
MgO	1,66	3,92
CaO	1,22	1,58
TiO ₂	1,09	1,05
Outros óxidos	0,32	0,84
Perda ao fogo	10,38	9,87
Total	100	100

A análise química das massas revelou a existência de sílica (SiO₂), alumina (Al₂O₃), óxido férrico (Fe₂O₃), cal (CaO), magnésia (MgO), álcalis (K₂O) e óxido de titânio (TiO₂). Pode se observar que as composições I e II são típicas de massas

para cerâmica vermelha, com os componentes majoritários sílica (SiO_2), alumina (Al_2O_3), acompanhados por quantidade significativa de óxido de ferro (Fe_2O_3). O teor de óxido de ferro foi elevado para a massa II, esse elemento é responsável pela cor avermelhada após queima.

A Tabela 2 apresenta os índices das plasticidades, avaliados pelos métodos de Casagrande e Pferfferkorn. Verifica-se que a massa I apresenta menor plasticidade, fazendo uma correlação com a composição química, esta massa apresenta maior teor de SiO_2 , que pode estar relacionado com a maior quantidade de sílica livre. Os valores obtidos para as duas massas estão dentro das faixas ressaltadas para cerâmica vermelha, apresentam índice de plasticidade acima de 15%, e que para solos são classificados como altamente plásticos. Outros estudos⁽⁵⁾ deram ênfase a determinação da plasticidade de argilas por esses dois métodos e também observaram semelhança entre os resultados.

Tabela 2 – Plasticidade (%) das amostras.

Método / Amostra	I	II
Casagrande	23,96	28,00
Pferfferkorn	23,40	29,00

A Tabela 3 apresenta os resultados das propriedades físicas e mecânicas dos corpos-de-prova obtidos com a massa cerâmica I e queimados nas temperaturas de 800, 900 e 1000°C e nos ciclos de queima lenta (5°C/min) e rápida (a partir de 10°C/min).

Tabela 3 - Propriedades tecnológicas dos corpos de prova da massa I

Temperatura (°C)	Taxa (°C/min)	AA (%)	RL (%)	PA (%)	MEA g/cm ³	TRF (MPa)
800	5	13,12	0,09	24,38	1,86	10,81±0,64
	15	12,02	0,38	22,34	1,86	11,83±0,57
	30	10,99	0,13	20,39	1,85	12,65±0,32
900	5	12,86	0,93	18,77	2,80	12,53±0,83
	15	10,82	0,88	20,34	4,64	15,55±0,25
	30	10,05	0,71	20,52	4,42	15,95±1,66
1000	5	8,04	2,84	16,05	2,00	12,78±0,34
	15	6,90	2,69	12,32	178	12,23±0,98
	30	7,73	2,92	12,11	1,57	12,31±0,69
Especificações		≤ 25	NE	≤ 35	≥ 1,7	≥ 5

Para a absorção de água verifica-se uma diminuição nos valores com o aumento da temperatura e da taxa de aquecimento, todos os valores encontrados estavam dentro da especificação. Segundo⁽⁶⁾ nesta faixa de temperatura o

comportamento da densificação de massas da cerâmica vermelha é influenciado pelas presenças de fundentes como K_2O , Na_2O e Fe_2O_3 , que favorecem a formação da fase líquida. A porosidade aparente quantifica a porosidade aberta do material, seu resultado está associado à absorção de água. A massa específica aparente e a resistência à flexão apresentaram uma estabilidade nos valores com o aumento da taxa de aquecimento. Os valores de resistência à flexão foram superiores ao mínimo estabelecido na especificação.

A Tabela 4 apresenta os valores das propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova obtidos com a massa cerâmica “II” e submetidos à temperatura de queima de 800, 900 e 1000°C com suas respectivas taxas de aquecimento.

Tabela 4 - Propriedades tecnológicas dos corpos de prova da massa II.

Temperatura (°C)	Taxa (°C/min)	AA (%)	RL (%)	PA (%)	MEA g/cm ³	TRF (MPa)
800	5	12,03	0,07	22,52	1,87	9,66±0,54
	15	11,71	0,28	21,54	1,84	10,55±0,02
	30	11,68	0,17	21,12	1,81	11,43±1,65
900	5	10,42	0,53	20,06	1,92	9,79±1,29
	15	10,56	0,87	19,67	1,87	11,52±0,73
	30	11,76	0,07	20,70	1,76	11,85±0,67
1000	5	6,95	2,97	13,49	1,94	12,01±1,20
	15	6,97	3,31	10,11	1,45	21,63±1,30
	30	7,45	2,92	9,70	1,30	21,61±1,32
Especificações		≤ 25	NE	≤ 35	≥ 1,7	≥ 5

Para a absorção de água verifica-se que esta diminuiu gradativamente com o aumento da temperatura e taxas de aquecimento. A absorção de água esta relacionada com a porosidade aberta do corpo cerâmico. Como citado anteriormente, a presença de óxidos fundentes acelera as reações de queima e proporcionam a formação da fase líquida, preenchendo os vazios, favorecendo a densificação do corpo cerâmico e, portanto, diminuindo a absorção de água e melhorando a resistência à flexão. Este comportamento foi mais evidente para a temperatura de 1000°C.

A Figura 1(a, b e c) mostra os difratogramas da massa I, sinterizada a 800, 900 e 1000°C. Percebe-se na Fig. 1(a), 800°C, que os picos presentes para as taxas de 15 e 30°C/min são característicos do quartzo e da anortita. Para as taxas de aquecimento lento (5°C/min) além do quartzo e da anortita apareceu, também, a hematita. A hematita é proveniente da desidratação de hidróxidos de ferro, eventualmente presentes nas argilas. Esta fase cristalina apresenta seus picos

característicos mais intensos quando se utilizou um ciclo de queima lento (5°C/min), observou-se que ocorreram ligeiras diferenças nas intensidades e largura dos picos de difração. Isto pode estar relacionado à influência do ciclo de queima sobre as transformações de fases, e segundo ⁽¹⁾, o ciclo de queima lento tende a favorecer a cinética das reações e faz com que as mesmas se completem de forma adequada.

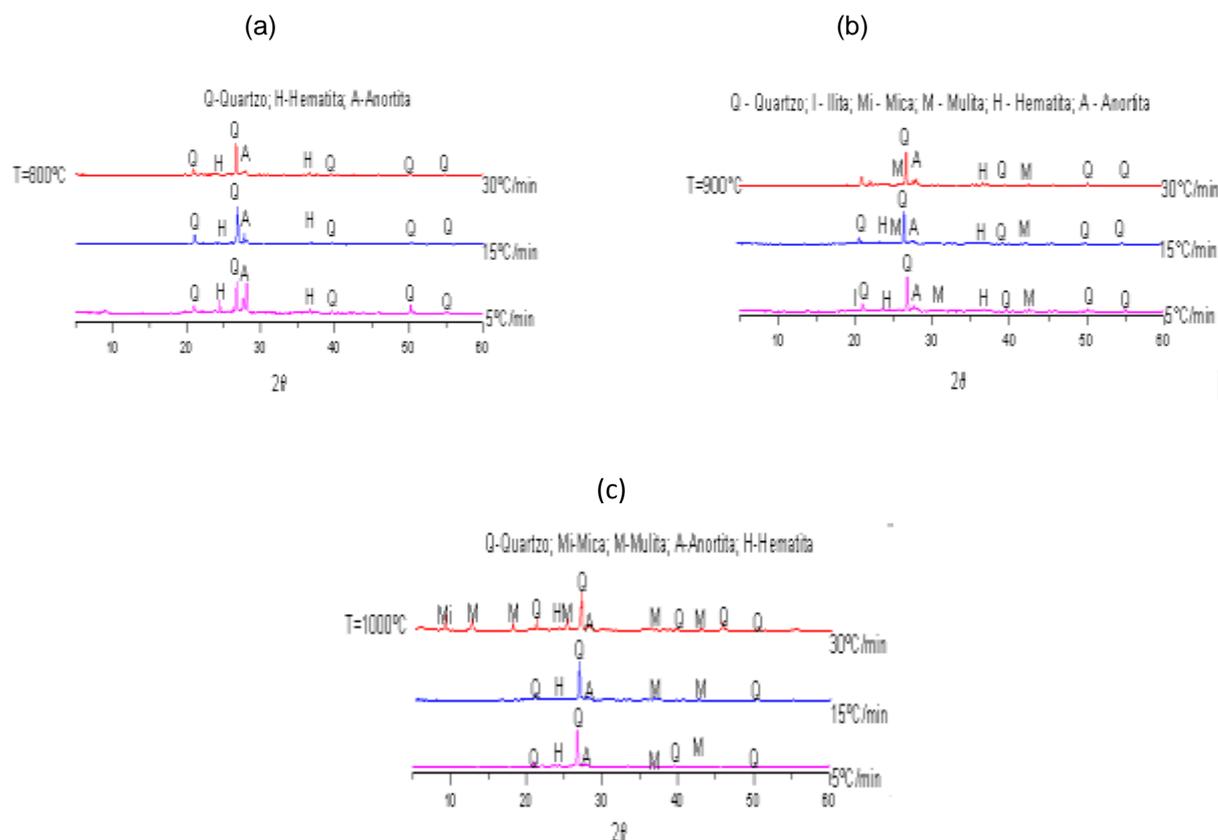
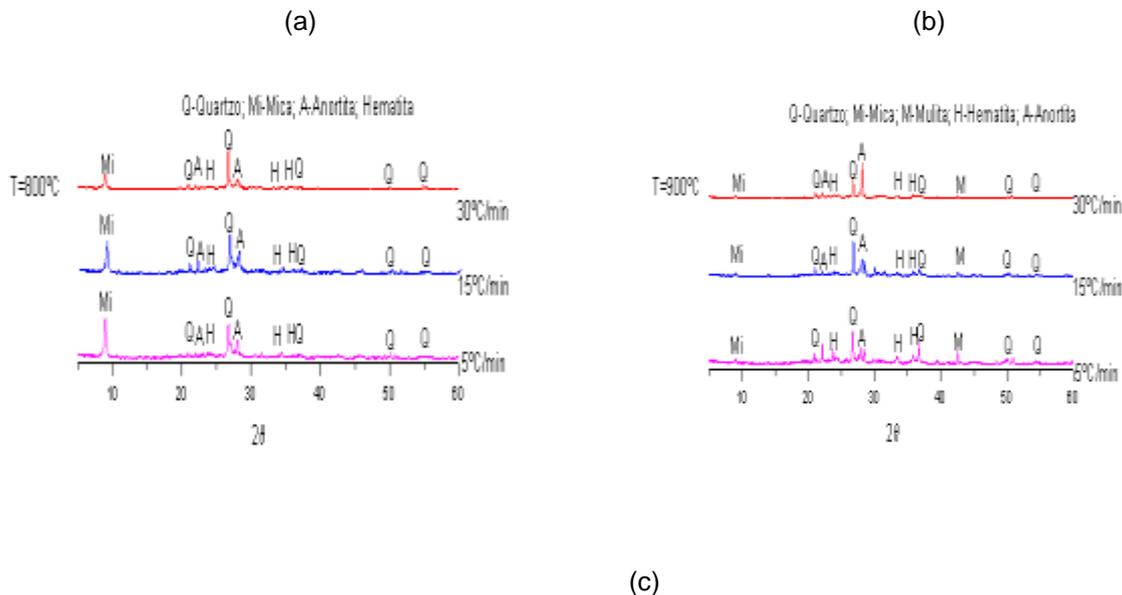


Figura 1 – Difratomogramas da massa I a 800, 900 e 1000°C.

Para as temperaturas de queima de 900 e 1000°C, nota-se que em relação às temperaturas discutidas anteriormente, ocorreu o surgimento de nova fase, a mulita. A mulita é proveniente da recristalização da metacaulinita, fase amorfa formada a partir da eliminação de água de constituição da caulinita⁽⁷⁾. O argilomineral caulinita se transforma durante a queima na fase amorfa metacaulinita, em temperaturas ao redor de 500°C. De acordo com a literatura, o ferro presente na estrutura do argilomineral favorece as transformações de metacaulinita para gelenita e posteriormente para anortita. Já para a taxa de 5°C/min nota-se com essa temperatura os resultados mostraram-se inalterados, apenas com as presenças de quartzo, mulita e anortita.

A Figura 2(a, b e c) mostra os difratogramas da massa II, à temperatura de sinterização de 800, 900 e 1000°C e suas respectivas taxas de aquecimento. Percebe-se que na Fig. 2(a), 800°C, os picos presentes são característicos do quartzo, mica e anortita e hematita para todas as taxas de aquecimento. O quartzo é uma das formas cristalinas da sílica (SiO_2) e é estável abaixo de 870°C. Na Figura 2(b e c), 900 e 1000°C, foram detectados picos característicos da fase. Os picos do quartzo foram observados em todas as temperaturas de queima. No entanto, em temperaturas mais altas os picos são menos intensos. Isto se deve provavelmente a dissolução parcial do quartzo na fase líquida viscosa formada em alta temperatura⁽⁸⁾. Outros autores⁽⁹⁾ estudaram as transformações mineralógicas ocorridas durante a queima de seis diferentes matérias-primas utilizadas na fabricação de produtos da cerâmica tradicional. As amostras foram queimadas na faixa de 800-1150°C. Segundo esses agentes, quando a temperatura é aumentada para 800°C, o CaCO_3 se decompõe em CaO , a ilita se decompõe e as fases do tipo espinélio aparecem. O CaO reage com quartzo e wollastonite, surge a gelenita metaestável. Com o aumento da temperatura o conteúdo de gelenita diminui de intensidade e piroxenos aparecem na faixa de 950°C. Jórdan et al., (2001)



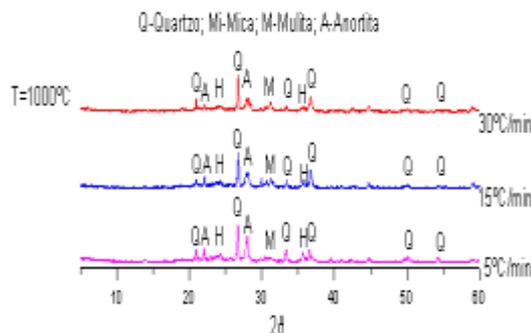


Figura 2 – Difratomogramas da massa II a 800, 900 e 1000°C.

CONCLUSÃO

As massas cerâmicas apresentaram teores de óxidos e plasticidade de acordo com as utilizadas para a produção de produtos da cerâmica vermelha. As peças obtidas com a massa contendo menores teores de óxido de ferro e óxidos alcalinos, quando submetidas às taxas de aquecimento mais rápidas apresentaram melhor estabilidade e propriedades tecnológicas. Através da análise mineralógica dos pós, após a etapa de queima pode-se observar picos característicos das fases quartzo, mulita, anortita, hematita e mica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pelo CNPq, processo 576560/2008-1

REFERÊNCIAS

- (1) PINTO, M. F.; SOUSA, S. J. G.; HOLANDA, J. N. F. Efeito do ciclo de queima sobre as propriedades tecnológicas de uma massa cerâmica vermelha para revestimento. **Cerâmica**, n. 51, p.225-229, 2005.
- (2) DUTRA, R.P.S.; VARELA, M. L.; NASCIMENTO, R. M.; GOMES, U. U; MARTINELLI, A. E.; PASKOCIMAS, C. A. Estudo comparativo da queima rápida com a queima tradicional nas propriedades de materiais cerâmicos de base argilosa. **Cerâmica**, São Paulo, v. 55, n. 333, p. 100-106, 2009.
- (3) PINHEIRO, B. C. A; HOLANDA, J. N. F. Efeito da temperatura de queima em algumas propriedades mecânicas de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v.56, p. 237-243, 2010.

- (4) SANTOS, P.S. **Ciência e Tecnologia de Argilas**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1989.
- (5) ANDRADE, F.A.; AL-QUERESHI, H.A.;HOTZA, D. Measuring and modeling the plasticity of Clays. **Materials Research**, v.13, n.3, p.395-399, 2010.
- (6) BACCOUR, H.; MEDHIOUB M.; JAMOSSI, F., MHIRI, T. Influence of firing temperature on the ceramic properties of Triassic clays from Tunisia. **Journal of materials processing technology**. v. 209, p. 2812–2817, 2009.
- (7) SOUZA, C.C.; VIEIRA, C.M.F.; MONTEIRO, S.N. Alterações microestruturais e cerâmica argilosa incorporada com rejeito de minério de ferro. **Matéria**, v.13, n.1, Rio de Janeiro, 2008.
- (8) MANHÃES, J. P. V. T.; MOREIRA, J. M. S.; HOLANDA, J. N. F. Variação microestrutural de cerâmica vermelha incorporada com resíduo de rocha ornamental **Cerâmica**. v.55, n.336, São Paulo, 2009.
- (9) JORDÁN, M.M.; SANFELIU, T.; DE LA FUENTE, C. Firing transformations of tertiary clays used in the manufacturing of ceramic tile bodies. **Applied Clay Science**, v. 20, p.87–95, 2001.

INFLUENCE OF COMPOSITION AND CONDITIONS OF FIRING ON THE PROPERTIES OF CERAMIC BODY OBTAINED FROM RED CERAMIC MASS.

ABSTRACT

In the Industry red ceramic the firing is one of the main stages of processing. At this stage, it can be used two heating rates: the slow and fast, the slow rate is used in Brazil. This study aims to evaluate the influence of composition and firing conditions physical and mechanical properties of samples obtained with masses used in red ceramic. First, the masses were characterized subsequently extruded, dried and subjected to sintering at temperatures of 800, 900 and 1000 ° C, with heating rates of 5, 15, and 30 ° C / min. The bodies obtained from the mass with lower flux content showed better stability when subjected to faster rates.

Keywords: clay, red ceramic, heating rate, technological properties