

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ARGILAS PARA PRODUÇÃO DE TELHAS CERÂMICAS NA PARAÍBA

P. S. Silva¹; S. O. Ramos²; J. Dantas²; J. L. B. Neto², R. S. de Macedo³

Av. Aprígio Veloso, 882

58429-900 – Campina Grande – Paraíba

E-mail: reginaldo@dema.ufcg.edu.br

Universidade Federal de Campina Grande

¹Bolsista de IC/PIBIC/CNPq

²Voluntários do Curso de Engenharia de Materiais

³Prof. da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais

RESUMO

O estudo das massas empregadas nas indústrias de cerâmica vermelha tem como finalidade buscar informações que possam favorecer a obtenção de produtos de melhor qualidade, seja por mudanças nas formulações das misturas, seja por melhorias no processo de fabricação. Nas empresas desse setor, não há uma avaliação das características das argilas utilizadas pelas mesmas, e a grande maioria não tem conhecimento sobre as propriedades físicas, químicas e mecânicas, das massas usadas no processo de fabricação. Este trabalho objetiva estudar as características das argilas usadas na fabricação de blocos cerâmicos de duas empresas de cerâmica vermelha do Estado da Paraíba, visando à produção de telhas, que é um produto de maior valor agregado. Para o desenvolvimento dos trabalhos foram realizados ensaios de caracterização industrial em massas argilosas. Os resultados mostram que as características químicas e físico-mecânicas encontradas atendem aos valores mínimos necessários à produção de telhas cerâmicas.

Palavras-chave: cerâmica vermelha, caracterização, plasticidade.

INTRODUÇÃO

Estudos foram realizados envolvendo 25 unidades fabris de cerâmicas vermelhas paraibanas, localizadas às margens das três principais bacias hidrográficas (Mamanguape, Taperoá e Paraíba) do Estado da Paraíba, onde há uma intensa atividade de cerâmica vermelha com produção voltada, sobretudo, para a fabricação de blocos de vedação. Os resultados mostram que há argilas de qualidade nesta região, mas falta conhecimento técnico nas etapas de preparação das massas e de conformação das peças cerâmicas^(1, 2).

Como acontece para todos os sistemas industriais, a caracterização das matérias-primas, a análise das massas, e os ensaios realizados nos produtos finais, devem ser tratados como etapas essenciais no processamento de materiais cerâmicos, para garantir elevada produtividade e consistência na qualidade dos produtos acabados. Assim, é muito importante a caracterização das matérias-primas, a fim de se ter conhecimentos que contribuam para a obtenção de produtos que apresentem propriedades em conformidade com as normas técnicas.

A argila é uma matéria-prima utilizada na fabricação de uma série de produtos cerâmicos, pelas seguintes razões: a) apresenta plasticidade; b) apresenta resistência mecânica após queima adequada para uma série de aplicações; c) possibilita a aplicação de técnicas de processamento simples; e d) é disponível em grandes quantidades⁽³⁾.

As indústrias de cerâmica vermelha brasileiras utilizam processos de moldagem manuais, por extrusão e por prensagem, conforme a natureza da argila, do produto cerâmico e do forno utilizado, bem como das condições econômicas locais. Em geral, tais indústrias produzem materiais com coloração avermelhada, utilizada na construção civil e também em utensílios de uso doméstico e de adorno. A cor vermelha que caracteriza esses produtos é resultante da oxidação de compostos de ferro presentes⁽³⁾.

O processo produtivo no setor de cerâmica vermelha, na maioria das fábricas, é simples. Geralmente para a conformação são utilizadas argilas do tipo várzea e barreiros, envolvendo a mistura de dois tipos (uma plástica e outra siltosa), sendo conformados por extrusão. A secagem é realizada geralmente ao ar livre, e a queima é efetuada usando lenha como combustível. Nas cerâmicas paraibanas, em virtude do desconhecimento das características das matérias-primas e do controle

das etapas de processamento, há grandes desperdícios de matérias-primas, de combustível e de tempo, assim como, um desgaste dos equipamentos. Além disso, observa-se a falta de tecnologia e inovação adequada à política ambiental, visando o desenvolvimento sustentável ⁽²⁾.

A grande maioria desse setor industrial utiliza técnicas de produção ultrapassadas, com um atraso tecnológico de aproximadamente 50 anos, não havendo controle eficaz das variáveis de processo, o que provoca a produção de peças de baixa qualidade e imensas perdas em todas as fases da produção, ocasionando aumentos nos custos e não atendimento as novas exigências normativas do setor ⁽⁴⁾.

No estudo de argilas vermelhas sempre há registros da formação do coração negro que está associada à presença de compostos de carbono (matéria orgânica) e óxidos de ferro nas argilas, à densidade do compacto prensado, ao ciclo de queima insuficiente e à espessura da peça cerâmica. A oxidação do enxofre pode reagir com o alumínio e/ou ferro obtidos da ruptura parciais da estrutura de alguns argilominerais, para formar compostos resistentes à oxidação. O coração negro que é um defeito que diminui a resistência mecânica das peças cerâmicas tem como uma das causas um ciclo de queima muito rápido, que para corrigir se deve fazer um patamar intermediário em torno de 350°C, para haver oxidação completa da matéria orgânica, eliminando, assim, o coração negro ⁽⁵⁾.

Este trabalho tem como objetivo estudar as características das argilas usadas na fabricação de blocos cerâmicos de duas empresas de cerâmica vermelha do Estado da Paraíba, visando à produção de telhas, que é um produto de maior valor agregado, além de buscar informações que possam favorecer a obtenção de produtos de melhor qualidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Foram utilizadas massas vermelhas, fornecidas por duas indústrias de blocos cerâmicos dos municípios de Massaranduba e Mulungu do Estado da Paraíba, que denominaremos de amostra **A** e amostra **B**, respectivamente.

Métodos

Para a realização da análise granulométrica, as massas industriais foram desaglomeradas e passadas 100% em peneira ABNT nº. 200 (abertura 0,074 mm), dispersa em água destilada com ultra-som durante 5 minutos; em seguida, foram analisadas em uma fase líquida, associadas com um processo de medida a laser, em um equipamento da marca CILAS 1064L.

Nos ensaios de plasticidade as amostras passaram em peneira ABNT nº. 80 (abertura 0,177 mm), em seguida determinou-se as características de plasticidade: limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e índice de plasticidade (IP) pelo método de Casagrande, segundo a NBR 6459⁽⁶⁾ e a NBR 7180⁽⁷⁾. Esse procedimento foi repetido cinco vezes para cada amostra.

Para a determinação da análise química das amostras estudadas, foram separadas duas frações de 50 g de massa passada 100% em peneira ABNT nº. 200 (abertura 0,074 mm), usando a eflorescência de raios-X em equipamento modelo EDX 760 da SHIMADZU.

Após as fases de beneficiamento e peneiramento, as amostras foram passadas em peneira ABNT nº. 80; em seguida, foram confeccionados corpos de prova em forma retangular, por extrusão, os quais foram secos a 110°C e sinterizados nas temperaturas de 800, 900 e 1000°C.

Após a queima nas temperaturas citadas, os corpos de prova foram submetidos aos ensaios referentes às propriedades físico-mecânicas, tais como: a absorção de água (AA), a porosidade aparente (PA), a retração linear de queima (RLQ), a perda ao fogo (PF) e a tensão de ruptura à flexão (TRF), esta pelo método de três pontos, que foram comparados com valores-limite, preconizados em laboratório para massas cerâmicas vermelhas, segundo a literatura consultada ⁽³⁾.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As características de plasticidade: limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e índice de plasticidade (IP) foram determinadas com o objetivo de verificar a faixa apropriada ao processamento por extrusão. Onde se observou que a amostra **A** apresentou LL = 42,21%, LP = 28,81% e IP = 13,40% e a amostra **B** apresentou LL = 38,92%, LP = 23,61% e IP = 15,31%. Segundo VIEIRA et al. (2000) ⁽⁸⁾, os

resultados encontram-se na faixa apropriada à moldagem por extrusão, cujo limite de plasticidade está compreendido entre 15-30%, podendo ser classificadas como medianamente plástica a amostra **A** por apresentar um $7 < IP < 15$ e, a amostra **B** é altamente plástica por apresentar um $IP \geq 15$. Assim observou-se que a amostra **B** obteve o menor limite de plasticidade, quando deveria ser maior, pois apresenta um maior teor de areia fina, provavelmente seja devido à imprecisão que há no ensaio de plasticidade pelo método de Casagrande.

A Figura 1 (a e b) apresenta a distribuição granulométrica por tamanho de partículas das amostras ensaiadas. É comum considerar-se a fração argila de uma matéria-prima cerâmica natural, aquela com fração granulométrica com dimensão inferior a $2 \mu\text{m}$. Assim a fração argila teria partículas abaixo de $2 \mu\text{m}$, a fração silte, entre 2 e $20 \mu\text{m}$, e a fração areia, teria as partículas com diâmetros superiores a $20 \mu\text{m}$. A fração argila está relacionada, sobretudo, aos minerais argilosos, que são os responsáveis pelo desenvolvimento da plasticidade do sistema argila + água, segundo a literatura consultada ⁽⁹⁾.

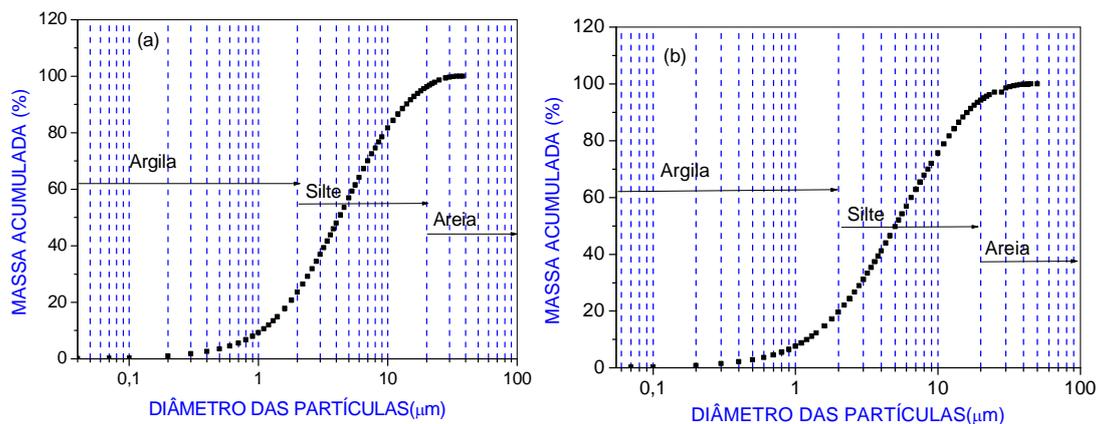


Figura 1: Análise granulométrica das massas cerâmicas: (a) Amostra **A** e (b) Amostra **B**.

Analisando as curvas da citada figura, nota-se que a fração argila varia de 23,58% para a amostra **A** a 19,62% para a amostra **B**. Já a fração silte varia de 72,95% para a amostra **A** a 74,65% para a amostra **B**.

Em uma análise conjunta, nota-se que a análise granulométrica mostra que as amostras de massas industriais estudadas são granulometricamente formadas com predomínio das frações argila mais silte, dificultando uma associação com os dados de plasticidade, considerando que a amostra **B** teve maior valor para o índice de plasticidade, logo deveria ter maior teor de fração argila. Mas, como a diferença de valores entre as amostras em análise é pequena, pode-se concluir que essa

diferença poderá ser devida aos ensaios de plasticidade pelo método de Casagrande, em que os resultados dependem muito da manipulação mecânica, durante o ensaio em que se altera a estrutura encadeada dos argilominerais.

Em síntese, observa-se pela quantidade de fração argila que a amostra **A** é mais argilosa, logo terá uma melhor plasticidade, favorecendo a trabalhabilidade da massa em relação à conformação. Enquanto que a amostra **B** é mais arenosa, prejudicando as propriedades finais do produto. Mas ambas as amostras apresentam fração argila dentro da faixa indicada pelo diagrama de Winkler ⁽¹⁰⁾, que é de 20 a 30% para massas industriais, visando à produção de blocos cerâmicos.

A Tabela 1, seguir, apresenta a composição química das amostras estudadas.

Tabela 1 – Análise química das massas cerâmicas (% em massa)

DETERMINAÇÕES	AMOSTRA A	AMOSTRA B
SiO₂	57,84	55,81
Al₂O₃	26,75	27,66
Fe₂O₃	7,67	8,72
MgO	1,91	2,37
K₂O	3,01	2,56
CaO	1,15	1,12
TiO₂	1,28	1,40
MnO	0,07	0,09
BaO	—	—
SO₃	0,13	0,09
V₂O₅	0,06	0,05
ZrO₂	0,05	0,05
Cr₂O₃	—	—
SrO	0,02	0,02
Rb₂O	0,02	0,02
ZnO	—	—
Y₂O₃	0,01	0,01
NbO	0,01	0,01

Analisando os valores da composição química na Tabela 1, observa-se que os resultados evidenciam que as amostras de massas cerâmicas analisadas são classificadas como sendo sílica-aluminosas com elevados teores de sílica (maior que 55%), provavelmente provenientes dos minerais argilosos e da sílica livre. Os teores de alumina (Al_2O_3) estão em torno de 27%, normalmente a presença de alumina estar relacionada com a proporção de mineral argiloso e do feldspato. Os óxidos de ferro (Fe_2O_3), cálcio (CaO), sódio (Na_2O) e potássio (K_2O) indicam a presença de fundentes. Estes óxidos reagem com fases amorfas e formam fases cristalinas que são mais estáveis frente à ação da umidade. Com relação à aplicação em produtos cerâmicos, verifica-se que o teor de ferro (7,67% para a amostra **A** e 8,72% para a amostra **B**), que é o principal óxido corante das massas cerâmicas e sendo superior a 5,0%, confere às amostras analisadas após sinterização, a coloração vermelha, cor natural dos blocos cerâmicos produzidos com as massas plásticas estudadas, o que confirma dados da literatura ⁽¹¹⁾.

A Tabela 2 apresenta os resultados das propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova após secagem a 110°C, moldados por extrusão.

Tabela 2 - Propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova após secagem.

AMOSTRA	RETRAÇÃO LINEAR DE SECAGEM (%)	TENSÃO DE RUPTURA À FLEXÃO (Mpa)
A	4,83 ± 0,65	5,10 ± 0,93
B	5,45 ± 0,26	4,81 ± 0,38

Observa-se pela análise da Tabela 2, que para a retração linear de secagem (RLS), têm-se valores satisfatórios, pois é desejável que este valor não ultrapasse a 6% de retração. As amostras ensaiadas apresentaram uma faixa de valores de RLS muito pequena, provavelmente por apresentarem também, uma pequena faixa de valores nos ensaios de plasticidade e granulometria, dificultando uma conclusão precisa. E para a tensão de ruptura à flexão (TRF), obtiveram-se valores satisfatórios, pois o valor mínimo especificado é de 3,0 MPa. Nota-se que a amostra **A**, apresenta um maior valor para a TRF, o que era esperado, pois apresentou o maior teor de fração argila, segundo a análise granulométrica.

A Figura 2 (a, b, c, d, e), a seguir, apresenta os valores numéricos das propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova processados por extrusão e sinterizados nas temperaturas de 800, 900 e 1000°C.

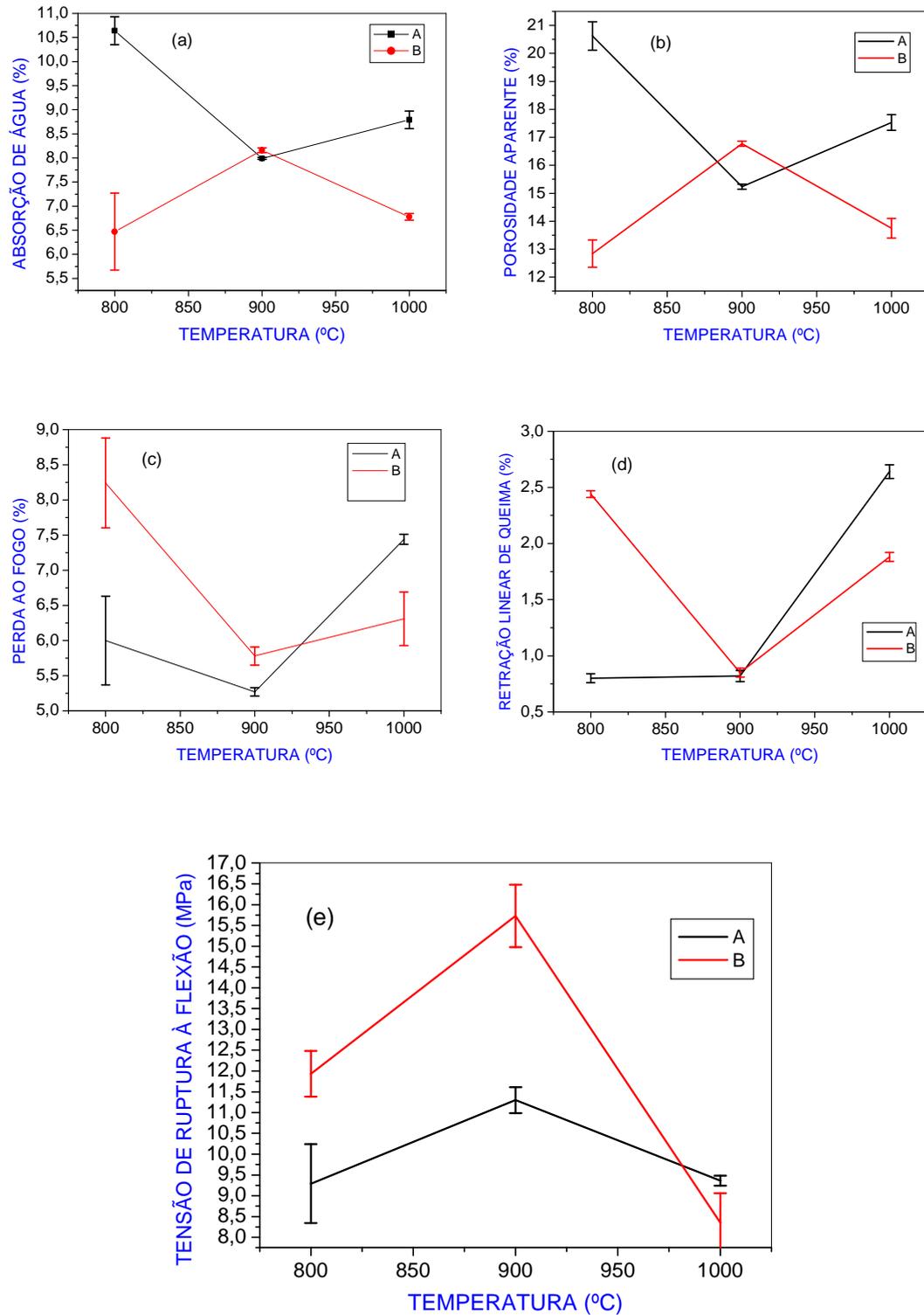


Figura 2: Absorção de água (a), porosidade aparente (b), perda ao fogo (c), retração linear de queima (d) e tensão de ruptura à flexão (e) dos corpos de prova extrudados e sinterizados em função das temperaturas de queima.

Analisando os dados da Figura 2a, verifica-se que os mesmos apresentaram valores máximos de absorção de água de $10,64 \pm 0,29\%$ (amostra **A**), à temperatura de 800°C , tomado como referência o valor máximo de 20% de absorção. Para a porosidade aparente (Fig. b), registrou-se o valor máximo de $20,62 \pm 0,51\%$ (amostra **A**), à temperatura de 800°C , para o valor máximo de referência 35% de porosidade. Para a perda ao fogo (Fig. c), o valor máximo foi de $8,24 \pm 0,64\%$ (amostra **B**), à temperatura de 1000°C , sem valor especificado na literatura consultada. Para a retração linear de queima (Fig. d), o valor máximo foi $2,64 \pm 0,64\%$ (amostra **A**), à temperatura de 1000°C , também sem valor especificado de referência na literatura consultada. Já para a tensão de ruptura à flexão (Fig. e), o valor mínimo encontrado foi $8,35 \pm 0,70$ MPa (amostra **B**), à temperatura de 1000°C , para um valor mínimo de referência de 6,50 MPa.

Determinadas as propriedades físico-mecânicas das amostras em estudo, verifica-se que os corpos cerâmicos estudados apresentaram resultados dentro da faixa de valores recomendados pela literatura ⁽³⁾, para que uma massa cerâmica possa ser utilizada na fabricação de telhas cerâmicas por processo de extrusão. Observa-se ainda que a amostra **B**, apresentou os melhores resultados para a tensão de ruptura, o que é justificável por ser a amostra mais plástica, segundo a análise de plasticidade.

Observando as linhas gráficas da Figura 2, nota-se que não se manteve uma relação coerente entre os valores crescentes das propriedades físico-mecânicas com o aumento da temperatura de queima. Este comportamento se deve a presença de coração negro que foi observada nos corpos de prova após a queima 1000°C , os quais apresentaram expansão dimensional em ambas amostras, provocando inchamento, deformações piropásticas e deterioração das características técnicas e estéticas. Este defeito é causado pela presença de matéria orgânica que geralmente acompanha as argilas, e que durante a queima não sofre combustão completa e deixa no interior do corpo queimado, uma fuligem escura característica, que se pode ver ao longo da secção transversal do corpo cerâmico. Portanto, não são confiáveis os resultados das propriedades físico-mecânicas obtidas nos corpos de prova queimados à temperatura de 1000°C .

CONCLUSÃO

Foram estudadas amostras de massas fornecidas por duas indústrias de blocos cerâmicos do Estado da Paraíba, objetivando estudar as propriedades físico-mecânicas das argilas usadas na produção de blocos cerâmicos, visando à produção de telhas, por ser um produto de maior valor comercial. Ao concluir os estudos observou-se o seguinte:

As amostras possuem granulometria com um teor de fração argila e limites de plasticidade, dentro dos intervalos indicados para utilização na produção de blocos e telhas cerâmicas.

Pelas análises químicas observou-se que as amostras analisadas apresentaram uma composição típica de argila para cerâmica vermelha, com predominância de SiO_2 e Al_2O_3 e alto teores de Fe_2O_3 , este é o responsável pela cor vermelha natural da telha cerâmica.

Pelas propriedades físico-mecânicas observou-se que os dados dos corpos cerâmicos estudados apresentaram resultados dentro da faixa de valores recomendados na literatura para que uma massa possa ser utilizada na fabricação de telhas cerâmicas por processo de extrusão.

Observou-se ainda, a formação do coração negro nas duas amostras estudadas, quando queimadas à temperatura de 1000°C , levando à diminuição da densidade dos corpos de prova durante a sinterização, onde ocorre uma concorrência entre mecanismos densificantes e a formação do coração negro, o qual influencia diretamente a porosidade aparente, a absorção de água e a resistência mecânica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq/PIBIC, pela concessão de bolsa de IC.

REFERÊNCIAS

1. MACEDO, R.S. *Estudo das matérias-primas e tijolos cerâmicos furados produzidos no Estado da Paraíba*. 1997. 112p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - CCT/UFPB, Campina Grande.

2. MACEDO, R.S. *Estudo comparativo entre massas cerâmicas industriais e aditivadas para uso em blocos cerâmicos*. 2005. 125p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - CCT/UFMG, Campina Grande.
3. SOUZA SANTOS, P. *Ciência e tecnologia de argilas*. São Paulo: v. I, Edgard Blücher, 1992.
4. ZANDONADI, A. R.; JORDÃO, M.A.P. Informações técnicas sobre cerâmica. *Anuário brasileiro de cerâmica, ABC*, São Paulo, 2002.
5. AMORIM, F. R. *Co-processamento de dregs em argila para produção de cerâmica vermelha*. 2007. 83p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – MARA/UFMG, Belo Horizonte.
6. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 6459: Determinação do limite de liquidez – método de ensaio*. Rio de Janeiro, 1984.
7. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7180: Determinação do limite de plasticidade – método de ensaio*. Rio de Janeiro, 1984.
8. VIEIRA, C. M. F.; HOLANDA J. N. F.; PINATTI D. G. Caracterização de massa cerâmica vermelha utilizada na fabricação de tijolos na região de Campos dos Goytacazes – RJ. *Cerâmica*, 46, (2000), 297, São Paulo.
9. ALVES, F. B.; VIEIRA, C. M. F.; MONTEIRO, S. N.; Caracterização de argilas na fazenda Santa Helena do município de Campos dos Goytacazes – RJ. In: 17º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, Porto Alegre, RS, 2004.
10. DONDI, M.; FABRI, B.; GUARINI, G. *Clay Minerals* 33, 1998. 435.

CLAY CHARACTERIZATION TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF CERAMIC TILES IN PARAÍBA

ABSTRACT

The study employed in the industries of the masses of red ceramic aims to seek information which may facilitate the achievement of better quality products, either by changes in the formulations of mixtures, whether by improvements in the manufacturing process. Firms in this sector, there is an evaluation of the characteristics of the clays used by them, and the vast majority have no knowledge about the physical, chemical and mechanical masses used in the manufacturing process. This paper aims at studying the characteristics of the clays used in the manufacture of ceramic bricks of two red ceramic companies in the state of Paraíba, for the production of tiles, which is a product of higher added value. For the development of the work tests were performed characterization followed by the industrial masses. The results show that the chemical and physical-mechanical encountered meet the minimum necessary for the production of ceramic tiles.

Keywords: red ceramic, characterization, plasticity.