

AVALIAÇÃO DO CICLO DE QUEIMA PARA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS

L.M. Pereira, R.L. Filgueira, R.P.S. Dutra, R.M. Nascimento.
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE – UFRN
Departamento de Engenharia de Materiais – DEMat
Centro de Tecnologia – CT
Campus Universitário Lagoa Nova – Natal/RN
lauengmat@hotmail.com

RESUMO

A indústria da construção civil vem se desenvolvendo. Contudo, o setor ainda carece de qualificação técnica e padronização do produto. Por isso, é necessário um conhecimento detalhado das propriedades do produto, com dados concisos de suas características físicas e mecânicas, no qual se possam estabelecer as modificações necessárias. Assim, o objetivo deste trabalho é estudar as propriedades tecnológicas dos materiais cerâmicos submetidos a diferentes temperaturas e patamares de queima. Foram selecionadas três diferentes argilas do estado do Rio Grande do Norte, que foram caracterizadas e em seguida foram realizados os ensaios de absorção de água, porosidade aparente, retração linear após queima, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. De acordo com os resultados obtidos as argilas estudadas podem ser consideradas como matérias-primas de grande potencial para a indústria de cerâmica estrutural, além de promover uma queima clara o que aumenta o valor agregado do produto final.

Palavras-chaves: cerâmica estrutural, argilas, patamar de queima.

INTRODUÇÃO

No Brasil existem cerca de 11.000 cerâmicas, gerando cerca de 220.000 empregos e com um faturamento da ordem de 4,2 bilhões de reais (TAVARES e SILVA, 2007). As indústrias de cerâmica estrutural no Brasil apresentam-se, em sua maioria, de pequeno e médio porte, utilizando, em geral, tecnologia desenvolvida a mais de 30 anos. No nordeste, os principais produtores são os estados da Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte. (MACEDO, 2007).

O setor da construção civil é o principal receptor desses produtos, sendo os blocos e as telhas os materiais produzidos em larga escala. O principal fator para a grande quantidade de indústrias de cerâmica vermelha no Estado, é a abundância da principal matéria-prima: a argila. Entretanto, esse tipo de material necessita de um estudo detalhado de caracterização para estabelecer qual o processamento a ser adotado, e em que condições se obtêm as propriedades finais desejadas (DUTRA *et al*, 2006).

O monitoramento das propriedades tecnológicas é de fundamental importância para que se conheça o intervalo de queima em que as dimensões e a porosidade da peça cerâmica não variem excessivamente (MELCHIADES *apud* PINTO, 2005). Se por um lado a temperatura de queima fornece a energia para que as reações possam ocorrer, por outro, o tempo de queima irá permitir que essas reações possam atingir o equilíbrio estabelecido pela termodinâmica. Além disso, é a combinação dos fatores temperatura e tempo de queima (ciclo térmico) que estabelece o grau de transformações sofridas por um compacto durante a queima (SOUSA *apud* PINTO, 2005).

Este trabalho tem como objetivo principal estudar a influência da temperatura nas propriedades tecnológicas dos materiais cerâmicos submetidos a diferentes temperaturas e patamares de queima.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho utilizou-se três argilas da região litorânea do RN . As argilas foram identificadas como A, B e C. A argila A foi extraída do município de Goianinha, a argila B do município de Macaíba e a argila C do município de Ceará-Mirim. As argilas foram submetidas a um processo de secagem e destorroamento. A secagem foi realizada em estufa elétrica por um período de 24 h sob temperatura média de 110 °C. Após a secagem, as amostras foram destorroadas e acondicionadas em recipientes plásticos. Para a confecção dos corpos de prova, as diferentes argilas, na forma de pó, tiveram o teor de umidade ajustado em 6% em massa. O pó das diferentes argilas foi separado em porções de 13g para obtenção de corpos-de-prova de mesma massa e dimensões de 60 x 20 x 5 mm.

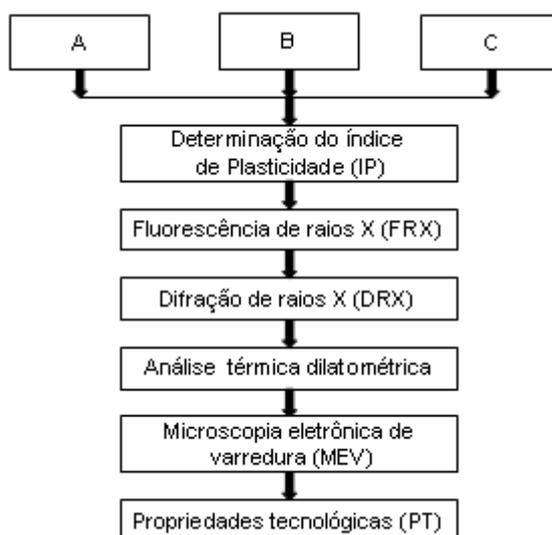
Foram confeccionados 45 corpos-de-prova para cada argila por prensagem uniaxial sob uma pressão de 25 MPa. Os corpos-de-prova à verde

foram então identificados, pesados e medidos. Após a etapa de prensagem os corpos-de prova foram secos em estufa a 110°C por 24h , e finalmente medidos e pesados novamente. Os corpos-de-prova foram tratados termicamente nas temperaturas de 850°C, 950°C e 1050°C, com taxa de aquecimento fixada em 10°C/min até a temperatura final e o tempo de patamar variando de 0, 30 e 60 minutos para cada temperatura e para cada amostra caracterizada neste trabalho.

Caracterização das matérias-primas

As matérias – primas foram caracterizadas por meio de um conjunto de análises e ensaios tecnológicos que podem ser visualizadas no fluxograma abaixo.

Figura 1 : Fluxograma referente à caracterização das matérias-primas



RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliação da Plasticidade

A tabela 1 apresenta os resultados de limite de liquidez, limite de plasticidade e a classificação das argilas estudadas.

Tabela 1: Limite de Atterberg das argilas.

Argilas	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Classificação
A	31,01	20,93	10,08	Mediamente Plástica

B	40,86	29,52	11,34	Mediamente Plástica
C	34,94	25,14	9,80	Mediamente Plástica

Observa-se que as argilas A, B e C apresentam índice de plasticidade (IP) entre 7% a 15%, portanto essas argilas são consideradas mediamente plásticas, um resultado favorável, pois a utilização de argilas fracamente plásticas e altamente plásticas poderia trazer problemas de processamento, dificultando a etapa de conformação e secagem. Conforme a tabela 1, observa-se que a argila B, apresenta maior índice de plasticidade, seguida pelas argilas A e C.

Análise química por fluorescência de raios X das argilas

Os resultados da composição química, em forma de óxidos, das argilas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Composição química das argilas (% em peso).

Argilas	SiO ₂	Al ₂ O ₃	F ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	MnO	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Outros
A	64,76	25,94	5,30	1,52	1,12	0,05	0,40	0,29	0,16	0,07	0,39
B	62,47	28,11	5,59	1,35	1,08	0,05	0,40	0,44	0,23	0,08	0,20
C	73,58	18,80	3,85	1,07	1,12	0,04	---	0,45	0,06	0,04	0,99

Através da tabela 2, pode-se perceber que o elevado percentual de silício (SiO₂) das matérias-primas (62% a 73%) é devido aos silicatos e a sílica livre, presentes no material, além da caulinita (Al₂Si₂O₅(OH)₄). A presença de sílica livre é provavelmente proveniente do quartzo (SiO₂), e tem função de diminuir a plasticidade e a retração das argilas. Entre as matérias-primas analisadas, a matéria-prima C, foi a que apresentou o maior teor de SiO₂, podendo ser considerada como uma matéria-prima altamente silicosa.

A argila B é constituída de 28,11% de Al₂O₃, podendo ser qualificada como uma matéria-prima aluminosa. As argilas com alto teor de alumínio na sua composição invariavelmente apresentam a caulinita como principal argilomineral.

O teor de óxido de ferro (F₂O₃) foi de 5,30% para a argila A, 5,59% para a argila B e 3,85% para a argila C. Abaixo de 3% a matéria-prima apresenta cor

clara após a queima, nenhuma das argilas pode apresentar essa característica. As matérias-primas analisadas devem apresentar cor bege ou até mesmo vermelha por conterem teor de F_2O_3 superior a 3% e inferior a 6%. O titânio em percentagem superior a 1% também pode ser responsável por proporcionar variação de tonalidade após queima.

O K_2O é um agente fundente que atua no sentido de melhorar a vitrificação dos materiais cerâmicos, sendo essencial para maioria das massas cerâmicas, exceto para as usadas na fabricação de materiais refratários. O óxido de potássio foi detectado nas três amostras analisadas.

O percentual de óxido de magnésio (MgO) das argilas A e B é de 0,40%. Na amostra C não foi detectado a presença do MgO , o percentual do óxido de cálcio (CaO) para a argila C foi o mais elevado (0,45%). O MgO e o CaO agem como agentes fundentes e tendem a baixar a faixa de temperatura de sinterização da massa cerâmica.

Análise mineralógica por difração de raios X

Nas figuras abaixo são expostos os difratogramas das amostras analisadas. Verifica-se que em todos eles há a presença da caulinita e do quartzo. O difratograma da amostra A exibe picos característicos do rutilo. Já no da amostra C foi identificada a berlinita.

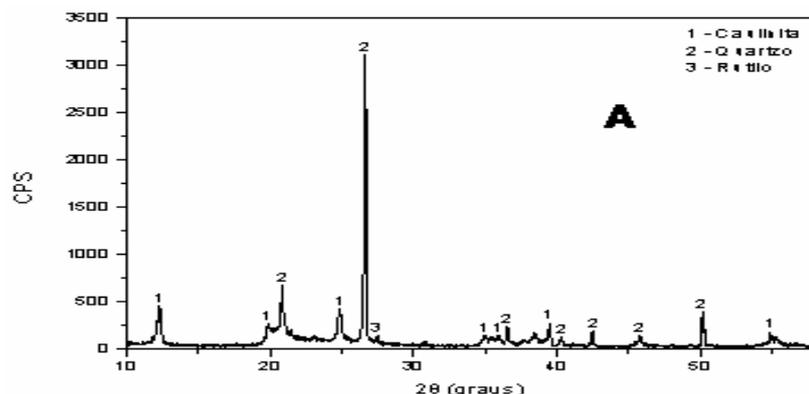


Figura 2: Difratograma da amostra A

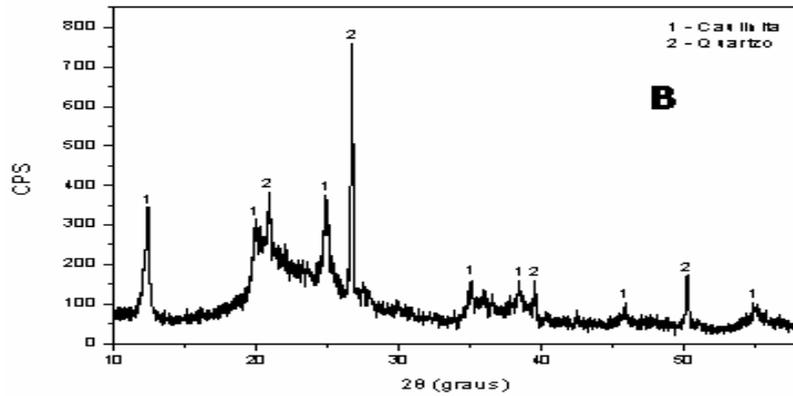


Figura 3: Difratoograma da amostra B

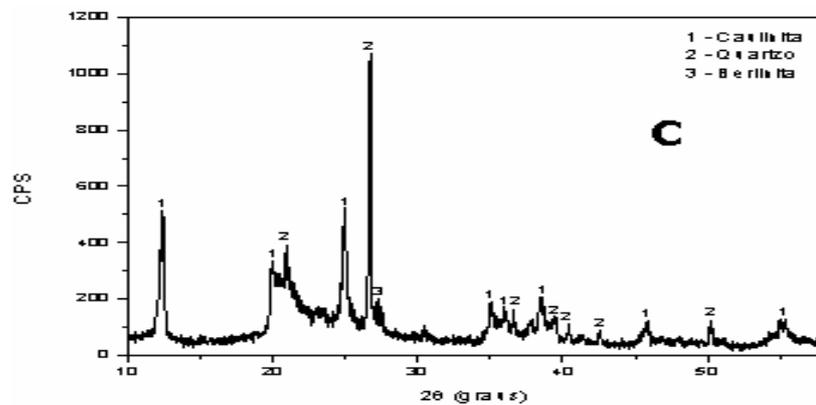


Figura 4: Difratoograma da amostra C

Microscopia eletrônica de varredura

Na Figura 5 é apresentada a micrografia da amostra C, queimada a 950°C, taxa de aquecimento 10 °C/min e três diferentes patamares: 0 (a), 30 (b) e 60 min (c), todas com aumento de 1000x.

Observa-se que as micrografias das superfícies de fratura dos materiais queimados a 950 °C com diferentes patamares são semelhantes, constatando-se a existência de quartzo sem reagir.

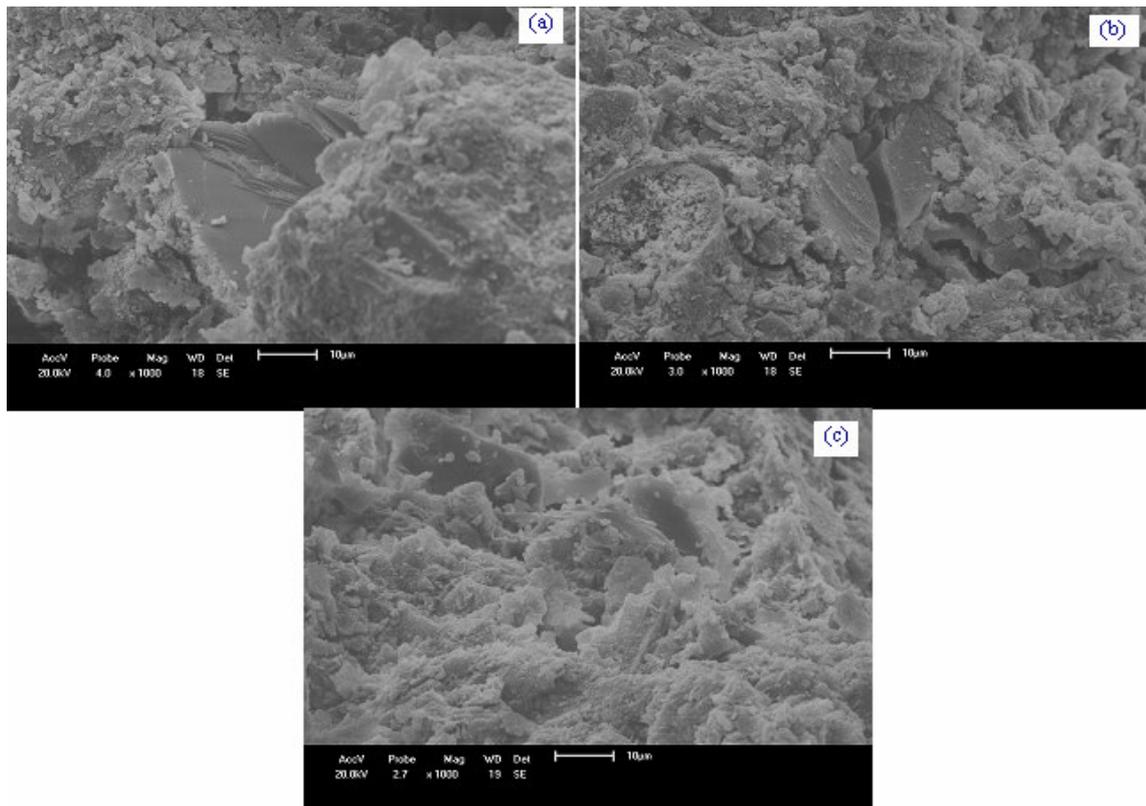


Figura 5 : microscopias obtidas por MEV das superfícies de fratura da amostra C.

Propriedades Tecnológicas

Absorção de Água:

A Figura 6 corresponde aos resultados de absorção de água para as amostras A, B e C. Nota-se que com a mudança dos patamares de queima, dentro de uma faixa de temperatura, não ocorreu grandes mudanças na absorção de água, exceção feita a argila B, queimada a 950° C, com patamar de 0 min. Observa-se que a argila B teve maiores resultados para a absorção de água quando comparada com as argilas A e C.

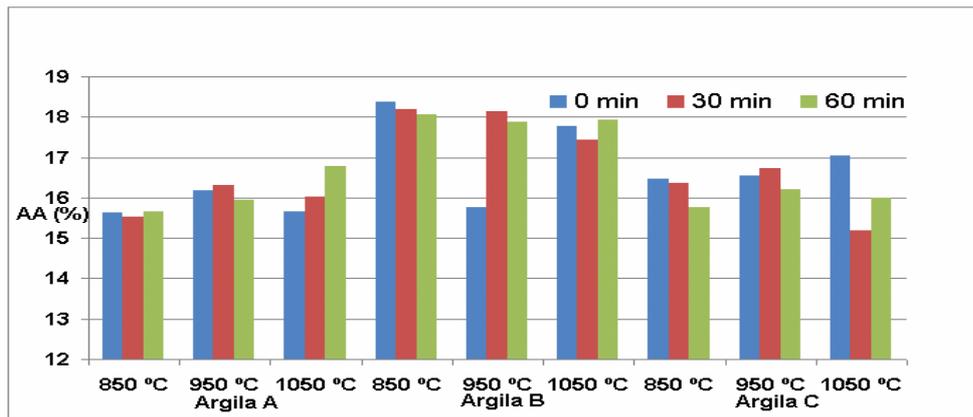


Figura 6: Gráfico comparativo da absorção de água das matérias-primas em três temperaturas: 850 °C, 950 °C e 1050 °C e em três patamares: 0, 30 e 60min.

Retração linear de queima:

A Figura 7 corresponde aos resultados de retração linear de queima das argilas A, B e C.

De acordo com o gráfico abaixo, verifica-se que a argila A apresentou valores negativos de RLq, observa-se também que com o aumento da temperatura, e com o aumento do patamar de queima ocorre um aumento considerável na retração linear de queima. Como a retração está relacionada com o nível de sinterização da estrutura do material, é esperado ter uma maior retração quando a temperatura e/ou tempo total de queima é maior.

Embora não exista uma norma para restringir a retração linear, para os principais materiais da cerâmica estrutural, considera-se elevada a retração linear superior a 2%, neste caso, somente a argila C, queimada a 1050 °C ,com patamar de queima de 60 min possui retração linear superior a esse valor.

O conhecimento da variação dimensional ocasionado pelo processo de sinterização é fundamental para a adequação e padronização dimensional dos produtos cerâmicos. Com os resultados obtidos nos diferentes ciclos de queima, é recomendada a formulação entre as argilas estudadas, sendo possível misturar a argila A com a argila B e/ou a argila A com a argila C.

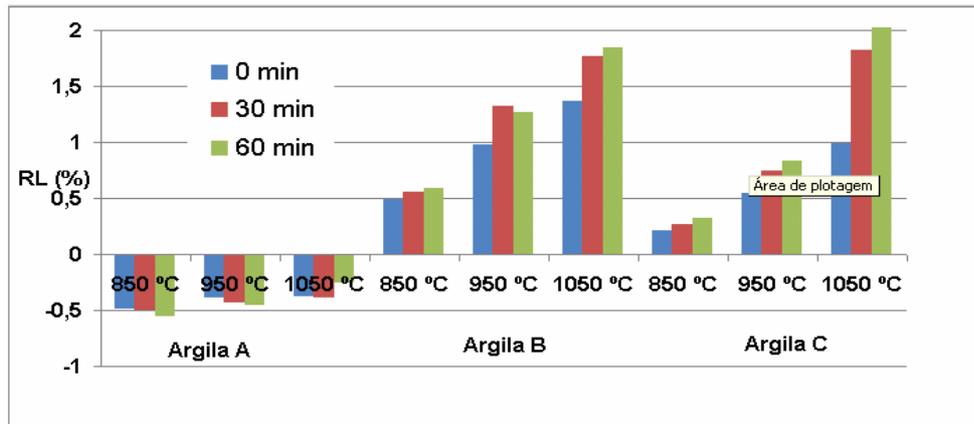


Figura 7: Gráfico comparativo da retração linear de queima das matérias primas em três temperaturas: 850 °C, 950 °C e 1050 °C e em três patamares: 0, 30 e 60min

Porosidade aparente:

A figura 8 contém os resultados da porosidade aparente das argilas estudadas. A porosidade das cerâmicas mantém uma relação direta com a capacidade da mesma em absorver água, fato esse que pode ser confirmado pela comparação entre as figuras 6 e 8.

A porosidade aparente excessiva nos materiais cerâmicos é um dos fatores que prejudica o seu desempenho mecânico, no entanto ajuda no processo de secagem e evita o aparecimento de defeitos mais comprometedores conseqüentes de gases produzidos durante a queima. Portanto, observa-se que para as três amostras os resultados da porosidade aparente foram relativamente elevados.

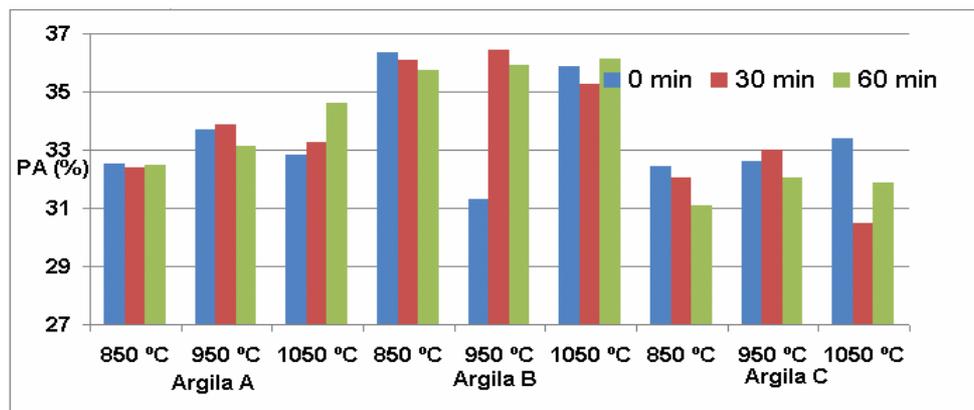


Figura 8: Gráfico comparativo da porosidade aparente das matérias-primas em três temperaturas: 850 °C, 950 °C e 1050 °C e em três patamares: 0, 30 e 60min.

Massa específica aparente:

A Figura 9 contém os resultados da massa específica aparente das argilas estudadas, este resultado está associado aos resultados da absorção de água e da porosidade aparente apresentados anteriormente.

Observa-se que não ocorreram variações acintosas na massa específica aparente, quando se variou a temperatura e o patamar de queima. Nota-se também que nenhuma das amostras apresentou valores superiores a 2 g/cm³.

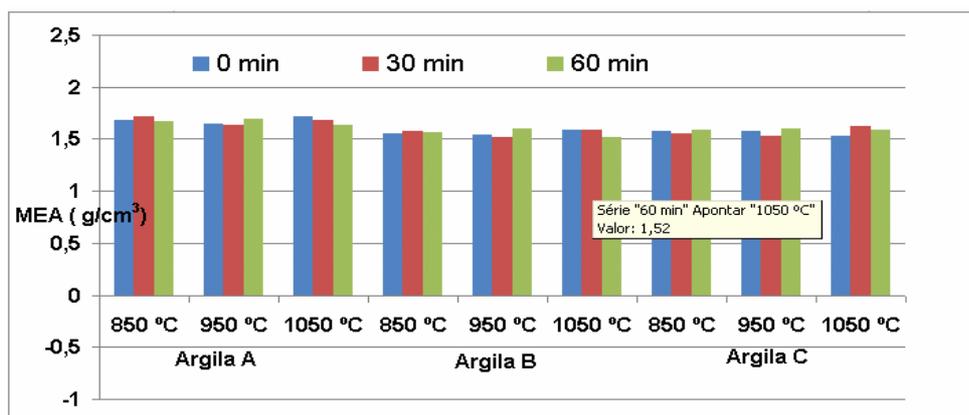


Figura 9: Gráfico comparativo da massa específica aparente das matérias-primas em três temperaturas: 850 °C, 950 °C e 1050 °C e em três patamares: 0, 30 e 60min.

Tensão de ruptura a flexão:

Na Figura 10 são apresentados os resultados dos ensaios de flexão em três pontos. Verifica-se que com o aumento do patamar de queima, ocorre uma diminuição na tensão de ruptura à flexão dos corpos cerâmicos das argilas A e B. A argila C apresentou maior resistência mecânica nos patamares de queima de 30min e 60 min, quando comparada com as outras argilas.

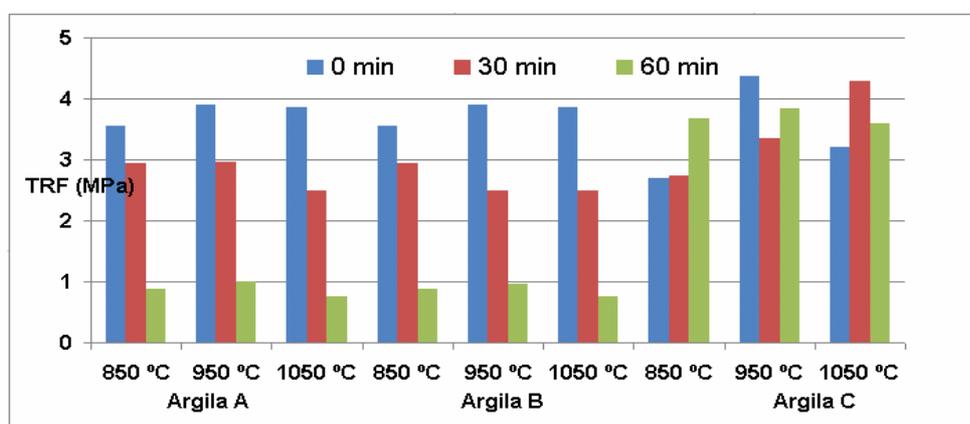


Figura10: Gráfico comparativo da tensão de ruptura a flexão das matérias-primas em três temperaturas: 850 °C, 950 °C e 1050 °C e em três patamares: 0, 30 e 60min.

CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser tiradas dos resultados obtidos neste trabalho:

- a) A argila B, a diferentes temperaturas e diferentes patamares de queima, apresentou valores elevados para absorção de água, fator esse que não é adequado ao uso da matéria-prima pelas indústrias cerâmicas para fabricação de tijolos.
- b) A argila C apresentou valores expressivos para a tensão de ruptura a flexão, nos três patamares de queima, quando comparada com as argilas A e B, que apresentou valores significativos apenas nos patamares de queima de 0 e 30min.
- c) As propriedades físico-mecânicas são afetadas tanto pela variação da temperatura de queima , quanto pela variação do patamar de queima.
- d) Devido aos valores obtidos , posteriormente serão feitas formulações entre as argilas, para obtenção de melhores resultados.
- e) Por meio do estudo feito para determinação da plasticidade das argilas, constatou-se que as três argilas analisadas são medianamente plásticas.
- f) Através das análises microestruturais dos corpos sinterizados confirmou-se a presença de quartzo sem reagir a 950 °C, nos patamares de queima de 0, 30, 60 min.

REFERÊNCIAS

TAVARES, E. C. S; SILVA, D. D. C. Caracterização do Produto Cerâmico do Rio Grande do Norte.
Ceram. Int., p.44, 2007.

MACEDO, R. M. P. R. de. **Aplicação da metodologia de planejamento de experimentos para formulação de massas cerâmicas para telhas.** Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais). Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

DUTRA, R. P. S. *et al.* Avaliação da potencialidade de argilas do Rio Grande do Norte – Brasil.
Ceram. Int., p.42, 2006.

PINTO, M.F. Efeito do ciclo de queima sobre as propriedades tecnológicas de uma massa cerâmica vermelha para revestimento poroso. *Ceram. Int.*, p.225, 2005.

EVALUATION OF CYCLE BURNED TO MANUFACTURE OF BRICKS

ABSTRACT

The building industry has been developing. However, the sector still lacking technical qualification and product standardization . To change that framework is required detailed knowledge about the product properties, with concise information about its physical and mechanical characteristic , which would be able to establish necessary amendments. Thus the main objective of this work is to study the influence of temperature on the technological properties of ceramic materials under different temperatures and levels of burning. We selected three different clays from the state of Rio Grande do Norte, where they were characterized and then were done tests of water absorption, apparent porosity, linear shrinkage after burning, density Apparent and the bending stress at failure. According to the results studied the clays can be considered as raw materials of great potential for structural ceramics industry, and promote a clear burning which increases the value of the final product.

Key-words: structural ceramic, clays, level of burning.