

ESTUDO DE VARIÁVEIS NA ETAPA DE CONFORMAÇÃO POR PRENSAGEM PARA CARACTERIZAÇÃO DE ARGILAS

C.G.M. Lima¹, R.P.S. Dutra^{1,2}, Ferreira, H.S.^{1,2}, Campos, L.F.A.^{1,2}

¹Unidade acadêmica de Engenharia de Materiais - Universidade Federal da Paraíba,

²Departamento de Engenharia de Materiais - Universidade Federal da Paraíba,
Campus Universitário I, CEP: 58051-900, João Pessoa - PB.

Email: chrystian.m.lima@hotmail.com

RESUMO

A caracterização das argilas é fundamental para o estudo das mesmas, pois sua aplicação está diretamente associada à estrutura, composição e propriedades físicas que possuem. O método de prensagem uniaxial é utilizado na etapa de conformação de corpos de prova, nos quais são determinadas as propriedades tecnológicas dos mesmos como, a retração linear de queima, a perda de massa ao fogo, a absorção de água, a massa específica aparente, a porosidade aparente e a resistência mecânica. O objetivo principal do presente trabalho é analisar como algumas variáveis de preparação das amostras influenciam nas propriedades finais do material de natureza argilosa, quando conformados por prensagem. Nesta etapa do trabalho, as variáveis de prensagem utilizadas foram: teor de umidade da amostra, variação da pressão final aplicada. Resultados indicam que tais variáveis influenciam dos resultados das propriedades tecnológicas.

Palavras-Chave: Prensagem, materiais argilosos, caracterização.

INTRODUÇÃO

As argilas são muito utilizadas como matéria-prima em vários setores industriais, principalmente na indústria cerâmica, por sua abundância na natureza e baixo custo⁽¹⁾. A sua aplicação vai depender da composição e das propriedades finais adquiridas durante o processo de fabricação, basicamente divididas em cerâmica tradicionais e avançadas. O avanço do conhecimento da estrutura interna desses materiais favoreceu ao surgimento de novas aplicações⁽²⁾, como por exemplo, em peça de circuitos de computadores (semicondutores), em redes de alta tensão (dielétricos), peças de aeronaves e etc.

A caracterização das argilas é fundamental para que se tenha um embasamento necessário a respeito da mesma⁽³⁾, a fim de se poder desenvolver o tipo de processo que será utilizado e conseqüentemente como será aplicado seu produto final. Diversas técnicas são utilizadas, tal como, análise química, térmica e mecânica. Portanto, faz-se necessário conhecer e dominar as técnicas na qual serão utilizadas para determinar as características que interessam para a requerida aplicação.

A prensagem de pós cerâmicos é bastante utilizada tanto para obtenção de materiais tradicionais quanto avançados⁽¹⁾. Albaro (2000) define o método prensagem como sendo “uma operação de conformação baseada na compactação de um pó granulado (massa) contido no interior de uma matriz rígida ou de um molde flexível, através da aplicação de pressão”. Esta técnica também é bastante utilizada em escala laboratorial para estudos relacionados à caracterização das propriedades tecnológicas e mecânicas desta classe de materiais.

Dentre os principais tipos de prensagem, duas são mais utilizadas na indústria cerâmica, a prensagem uniaxial e a prensagem isostática. Na primeira a pressão é realizada por uma punção que compacta o pó no interior de uma matriz rígida⁽⁴⁾, podendo ser de ação simples ou dupla. Na prensagem isostática a ação é realizada em um molde flexível onde o pó é compactado sobre a pressão de um fluido⁽⁵⁾.

O presente trabalho se desenvolve na caracterização de argilas por meio da prensagem uniaxial. O estudo das variáveis, tanto instrumentais como das características da amostra, na prensagem uniaxial, tem como principal objetivo quantificar e qualificar os parâmetros que influenciam neste tipo de caracterização. Para tal, foi utilizado um tipo de argila tradicional variando o teor de umidade, granulometria e pressão aplicada.

MATERIAIS E MÉTODOS

As primeiras variáveis estudadas na primeira parte da análise foram o teor de umidade, referente à amostra de argila, e a pressão aplicada na etapa de prensagem. Para cada variável utilizou-se 15 corpos de prova. As etapas básicas da prensagem e posterior determinação das propriedades tecnológicas seguem a seguir:

- i) Correção da umidade: A quantidade separada para a moldagem dos corpos de prova foi posta na estufa à 50°C por 24h para retirada da umidade existente. Após esse procedimento foi adicionado o teor de água necessário relativo a variável estudada da quantidade de argila, como umidade para a moldagem dos corpos de prova, sendo esta destorroada junto à mesma e mantida em um recipiente fechado por 24h.
- ii) Prensagem: Com a massa argilosa umedecida, a próxima etapa foi realizar a prensagem dos corpos de prova. A quantidade utilizada em cada corpo de prova foi de 13g, onde se utilizou uma matriz metálica (Figura 1). Os corpos de prova foram prensados uniaxialmente em uma prensa hidráulica. O procedimento se deu da seguinte forma: Com a massa posta no molde, o primeiro passo foi centralizá-lo na prensa e em seguida aplicar uma pressão momentânea, cerca de metade da pressão final, e depois aliviada. Em seguida aplicou-se a pressão final. Por fim, a parte inferior do molde foi retirada e depois comprimida para extrair o corpo de prova do mesmo.

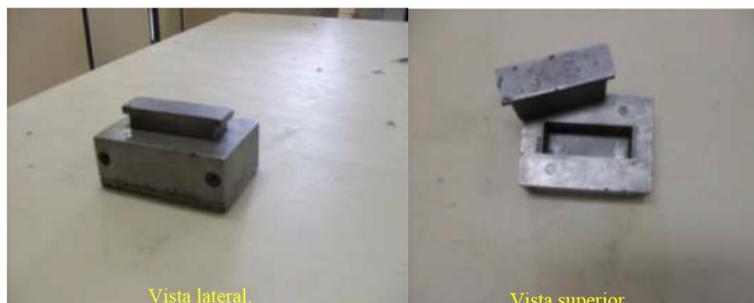


Figura 1 – Matriz metálica

- iii) Medições e secagem: Após a etapa de prensagem de cada corpo de prova, os mesmos foram submetidos à medição de suas dimensões utilizando um paquímetro digital e pesados em uma balança analítica. Em seguida os corpos de prova foram postos na estufa de 110°C por 24h. Após o período na estufa foram resfriados naturalmente e medidos e pesados novamente (peso seco P_s).
- iv) Queima: Os corpos de prova, após o procedimento de medição, foram submetidos à etapa de queima. Após a queima foram medidas as dimensões dos corpos de prova e novamente pesados (peso de queima P_q) à medida que etapa foi realizada. Com os valores do comprimento após a queima (C_q), comprimento seco (C_s) o peso seco (P_s) foi obtido a retração linear de queima e a porcentagem de perda ao fogo através das seguintes fórmulas:

$$PF\% = \frac{P_s - P_q}{P_s} \times 100$$

$$RLq\% = \frac{C_s - C_q}{C_s} \times 100$$

- v) Absorção de água e porosidade aparente: Para realizar o ensaio de imersão, pelo princípio de Arquimedes, todos os corpos de prova foram postos em água, à temperatura ambiente, por 24h. Após esse processo se obteve os valores do peso imerso (P_i) e o peso saturado (P_{st}). Depois retornaram para estufa de 50°C. Para o cálculo da absorção de água e da porosidade aparente, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$AA\% = \frac{P_{st} - P_q}{P_q} \times 100$$

$$PA\% = \frac{P_{st} - P_q}{P_{st} - P_i} \times 100$$

- vi) Ensaio de flexão: Após os corpos de prova serem secados na estufa, foi realizado o ensaio de flexão na máquina universal de ensaios mecânico (SERVOPULSER/SHIMADZU) e como parâmetro, utilizou-se como distância entre os dois pontos de apoio de 40 mm e velocidade de prensagem de 5mm/min. Para o cálculo da tensão de ruptura utilizou-se a seguinte fórmula:

$$TRF(MPa) = \frac{60xF}{LxH^2}$$

F = Força para romper o corpo de prova

L = Largura do corpo de prova após o rompimento

H = Altura do corpo de prova após o rompimento

A Tabela 1 a seguir apresenta os parâmetros utilizados para cada variável durante o processo de experimentação.

Tabela 1 – Parâmetros utilizados no estudo comparativo das variáveis.

Variáveis	Pressão	Com alívio	Tempo de conformação	Granulometria	Teor de umidade	Temperatura de queima e velocidade de aquecimento
Teor de umidade	5 ton.	Sim	5 s	#200	4%, 5% e 6%	950°C e 10°C/min
Pressão aplicada	3, 5 e 7 ton.	Sim	5 s	#200	4%	950°C e 10°C/min
Granulometria	5 ton.	Sim	5s	#40, #200, #325	4%	950°C e 10°C/min

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tabelas 2, 3 e 4 contém os resultados das propriedades tecnológicas de acordo com a variação do teor de umidade a pressão aplicada e a granulometria.

Tabela 2 – Propriedades tecnológicas quando variado o teor de umidade da amostra de argila.

Variável			PF%	AA%	PA%	RLq%	TRF(MPa)
Teor de Umidade	4%	Média	5,77±0,99	11,95±1,04	24,05±1,86	0,38±0,05	10,88±1,10
	5%	Média	6,51±0,04	12,45±0,41	24,97±0,63	1,09±0,08	10,68±1,03
	6%	Média	5,92±0,43	10,68±0,56	20,69±1,24	1,19±0,15	10,41±0,41

Tabela 2 – Propriedades tecnológicas quando variado a pressão aplicada da amostra de argila.

Variável			PF%	AA%	PA%	RLq%	TRF(Mpa)
Pressão Aplicada	3 ton.	Média	6,07±0,11	12,63±1,43	24,67±1,97	0,47±0,07	6,42±0,36
	5 ton.	Média	6,51±0,04	12,45±0,41	24,97±0,63	1,09±0,08	10,88±1,10
	7 ton.	Média	6,08±0,12	10,61±0,09	20,48±0,13	0,52±0,08	9,53±0,81

3.1 – Porosidade aparente.

Esta propriedade tecnológica está relacionada com a porcentagem de poros abertos que são encontrados na estrutura. A relação da variação desta propriedade pode ser relacionada com o padrão de queima das amostras, geralmente a porosidade diminui à medida que o nível de sinterização da estrutura aumenta.

A partir da variação relacionada ao parâmetro da amostra, o teor de umidade em 4, 5 e 6%, pode-se observar que a quantidade de poros aparentes nos corpos de prova ensaiados sofreu um decréscimo significativo (Figura 2). Em 4% a PA obteve uma média de 24,97%, já em 6% se apresentou um valor médio de 20,69%. A figura

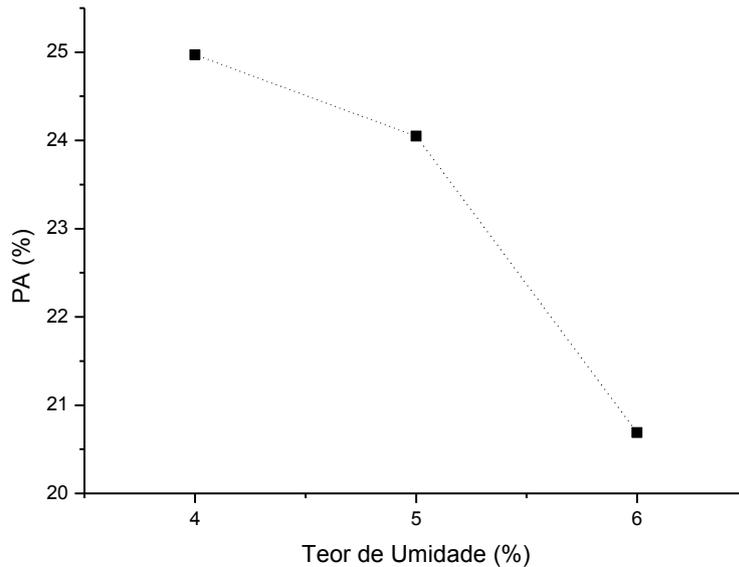


Figura 2 – Porosidade aparente em função do teor de umidade.

Quando se variou a pressão utilizada na etapa de conformação dos corpos de prova em 3, 5 e 7 toneladas, a quantidade de poros na estrutura também reduziu na etapa de sinterização (Figura 3). Com a maior compactação do pó na matriz o contato entre as partículas é maior à medida que este parâmetro nesta etapa aumenta. Portanto, verificou-se uma redução considerável quando se variou de 5 para 7 toneladas.

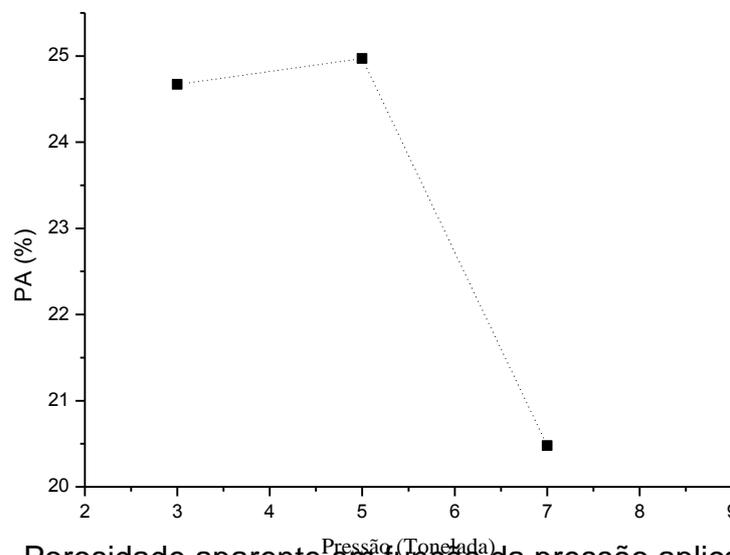


Figura 3 – Porosidade aparente em função da pressão aplicada.

3.2 – Absorção de Água.

A absorção de água é uma importante propriedade tecnológica a ser mensuradas em amostras argilosas, onde pode ser compreendida como o aumento da sua massa absorvendo a água que a envolve. No processo de sinterização ocorre o fechamento dos poros da estrutura e à medida que o nível desse processo aumenta, a absorção de água diminui devido a sua relação com o volume de poros abertos encontrados.

Com a variação do teor de umidade da amostra de argila durante a absorção de água sofreu um decréscimo quando a mesma foi de 4% a 5% e depois para 6%. Ou seja, a quantidade de água absorvida pelos corpos de prova por meio dos poros presentes foi menor quando teor de umidade variou (Figura 5). Como essa medida está relacionada diretamente com a porosidade aparente, determinada anteriormente, onde também houve uma diminuição dos mesmos na estrutura.

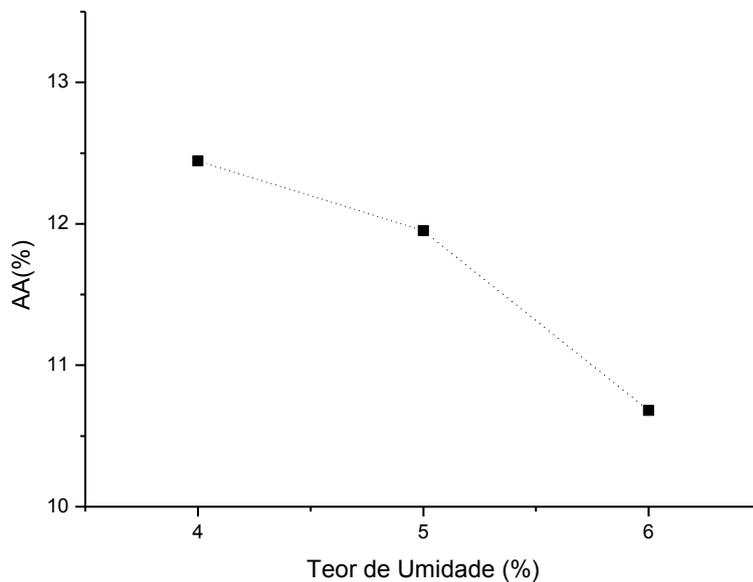


Figura 5 – Absorção de água em função do teor de umidade.

Assim como quando foi variado o teor de umidade, o aumento da carga aplicada, ou pressão, no período de conformação dos corpos de prova, de 3 para 5 toneladas, e 7 toneladas, acarretou numa diminuição da absorção de água no material (Figura 6).

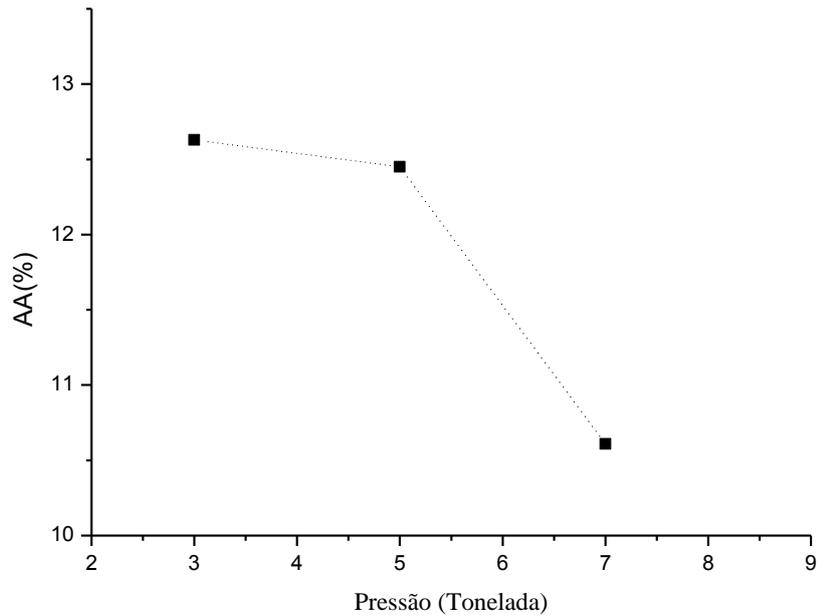


Figura 6 – Absorção de água em função da pressão aplicada.

. 3.2 – Retração linear após a queima.

Assim como a absorção, a retração linear está diretamente ligada ao nível de sinterização da estrutura. A mesma consiste na variação das dimensões lineares, do corpo de cerâmico, em porcentagem e o seu valor será negativo quando houver expansão e positivo quando houver retração.

Na análise desta propriedade tecnológica não houve influência significativa, ou uma relação direta com a variação tanto para o teor de umidade da amostra (Figura 8), para a pressão aplicada na conformação (Figura 9) e para a granulometria (Figura 10). Para o teor de umidade quando se variou de 4 para 5% a retração linear de queima sofreu uma redução de 1,09% para 0,38%, e um aumento para 1,19% no teor de 6%. Os resultados não foram muito consistentes em relação as duas outras propriedades de absorção de água e porosidade aparente. Na variação da pressão aplicada, houve um aumento, quando passou de 3 para 5 toneladas, na retração de 0,47 para 1,09.

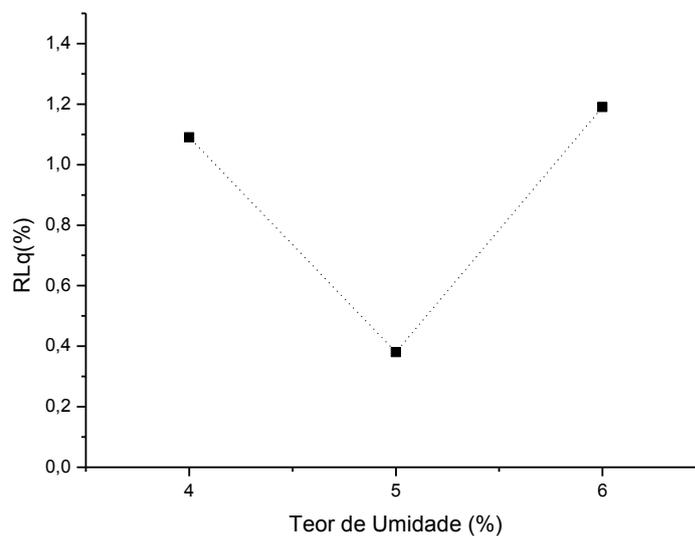


Figura 8 – Retração linear de queima do teor de umidade.

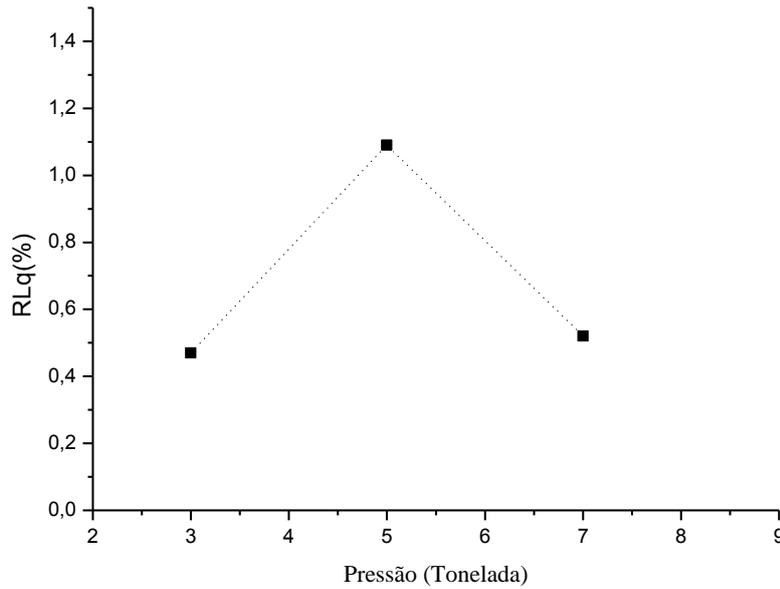


Figura 9 – Retração linear de queima em função da pressão aplicada.

3.3 – Perda ao fogo.

Quando o material é submetido a altas temperaturas está susceptível a perdas de massa ao longo da queima. Nas argilas pode indicar a basicamente o teor da matéria orgânica presente e a quantidade de gás e vapor gerados na etapa de queima, principalmente oriundos da decomposição dos carbonatos.

Com o aumento do teor de umidade da amostra a perda ao fogo reduziu entre 4 e 5% e se manteve quase constante entre 5 e 6% (Figura 11). Para a variável de pressão não foi observado grandes mudanças nesta propriedade, entre 3 e 5 toneladas variou de aproximadamente um valor médio de 6 a 6,5%, voltando a cair para 6% (Figura 12).

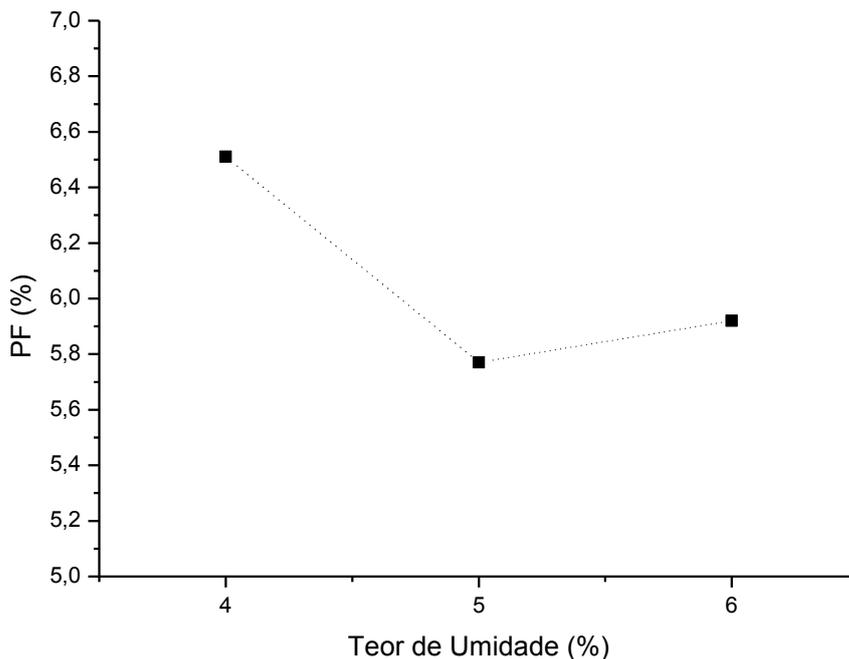


Figura 11 – Perda ao fogo em função do teor de umidade.

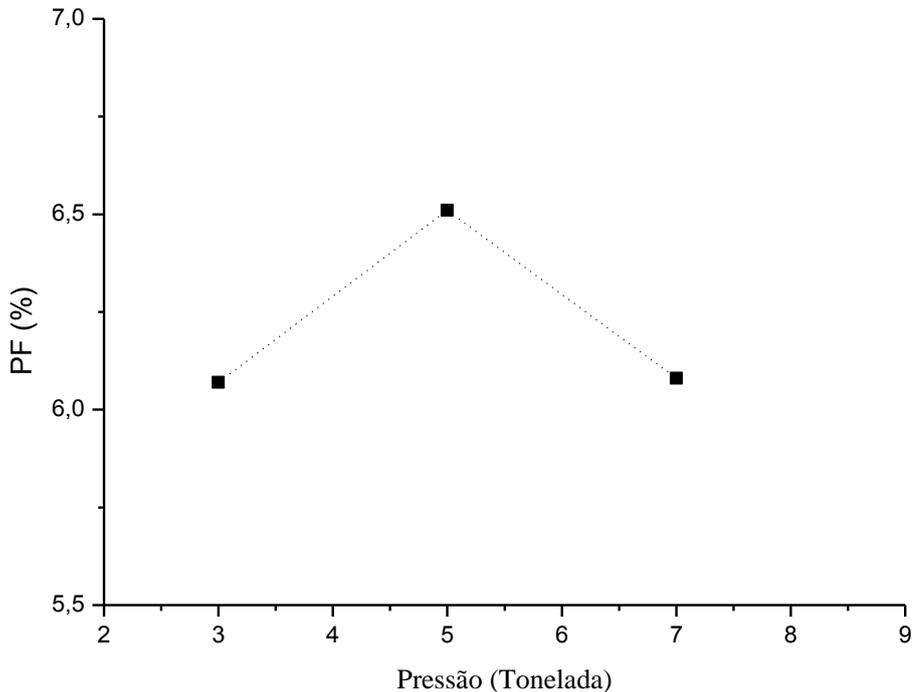


Figura 12 – Perda ao fogo em função da pressão aplicada.

3.5 – Tensão máxima de ruptura.

A realização do ensaio para obtenção dessa propriedade é muito importante, no sentido de que se pode estimar a carga suportada pelo determinado corpo cerâmico quando submetido a certo esforço mecânico⁽⁶⁾. A tensão de ruptura, tal como absorção de água e a retração linear, está inter-relacionada com o estado de sinterização da estrutura. O nível de sinterização do material é que vai ditar a quantidade de poros na estrutura⁽⁸⁾. Assim quanto mais sinterizado o corpo cerâmico, menos poros irão existir na estrutura e conseqüentemente a tensão de ruptura irá ser maior.

A figura 14 apresenta o resultado obtido quando foi variado o teor de umidade e verificado a sua influência na tensão máxima de ruptura dos corpos de prova ensaiados. Para os três teores de umidade utilizados a média desta propriedade se manteve dentro dos 10 Mpa, ou seja, não houve quase nenhuma interação dessa variável na tensão máxima de ruptura, apesar da redução dos poros na estrutura.

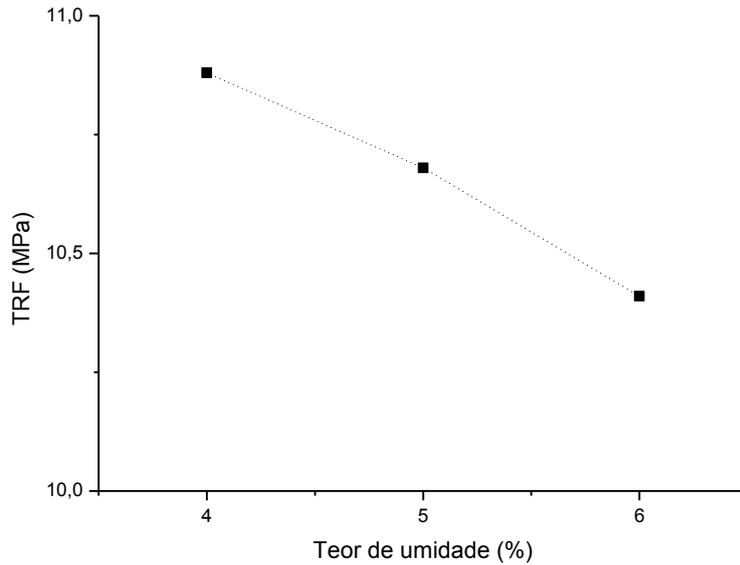


Figura 14 – Tensão de ruptura em função do teor de umidade.

Para a variação do parâmetro relativo a etapa de prensagem, a pressão aplicada, em função desta propriedade (Figura 15), os resultados obtidos seguiu o que se encontra na literatura, ou seja, com a diminuição da porosidade na estrutura maior é a tensão máxima de ruptura. Como à medida que a pressão aplicada ao pó aumenta a interação partícula/partícula é maior, o que reflete na etapa de sinterização, gerando um maior “fechamento” dos poros.

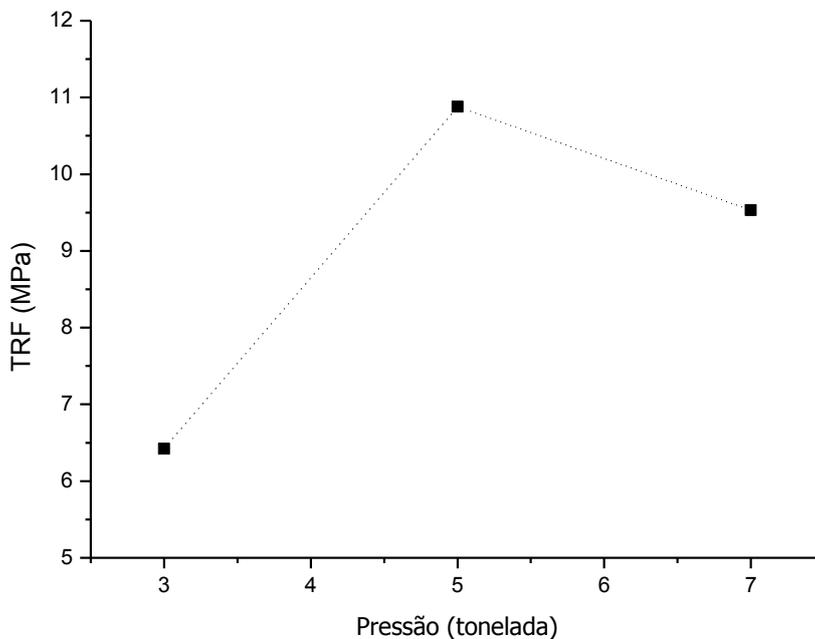


Figura 15 – Tensão de ruptura em função da pressão aplicada.
peneira.

CONCLUSÃO

A análise comparativa realizada, utilizando variáveis instrumentais e relativas a característica da amostra, buscou servir de aporte para se desenvolver um manual de caracterização de argilas em relação a técnica de prensagem uniaxial. O intuito principal foi de nortear pesquisas relacionadas ao tema, de maneira que se facilite o entendimento de determinados fenômenos que possa vir a acontecer caso houver mudanças neste parâmetro do ensaio.

As propriedades de absorção de água e porosidade aparente das amostras de argila apresentaram variações consistentes apenas para as variáveis de teor de umidade e pressão aplicada. Em relação a retração linear de queima, a perda ao fogo e a tensão máxima de ruptura, não foi observado grande influência quando estas foram variadas. Portanto, apenas parte das propriedades estudadas sofreram variações significativas durante o estudo da técnica de prensagem uniaxial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida e ao Laboratório de Solidificação Rápida – LSR da UFPb pela realização dos ensaios.

REFERÊNCIAS

- 1 - CALLISTER, W. D. J.; *Ciência e Engenharia de Materiais Uma Introdução*. 7ª Edição. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2008.
- 2 - CARAM, R. *Materiais Cerâmicos*. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~caram/6.%20MATERIAIS%20CERAMICOS%20GRAD.pdf>> Acesso: 16/04/13.
- 3 - SANTOS, P. S.; *Tecnologia de Argilas, Aplicada às Argilas Brasileiras*, Ed. Edgar Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.
- 4 – FAZAN, A. N., *et al.*; *Aditivos Para Compactação Por Prensagem a Verde de Corpos Cerâmicos*. XVII SICITE, Paraná.
- 5 – ALBERO, J. L. A.; *A Operação de Prensagem: Considerações Técnicas e sua Aplicação Industrial Parte I: O Preenchimento das Cavidades do Molde*. Revista Cerâmica Industrial, Setembro/Outubro 2000.
- 6 – DALCIN, G. B.; *Ensaio Mecânicos*. URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, curso de Engenharia Industrial Mecânica. Santo Ângelo, 2001.

7 – ROSA, A. L., SHAREEF, M. Y., NOORT, R. V.; *Efeito das condições de preparação e sinterização sobre a porosidade da hidroxiapatita*. Pesqui Odont Bras, Julho/Setembro, 2000.

8 – GOMES, U. U.; *Tecnologia dos Pós: Fundamentos e Aplicações*. Editora UFRN, Natal, 1993.

9 - SHACKELFORD, J. F.; *Ciências dos Materiais*. Ed. Pearson Prentice Hall, 6ª Edição, São Paulo, 2008.

STUDY ON VARIABLE STEP BY PRESSING FOR FORMING CHARACTERISTICS OF CLAY

ABSTRACT

The characterization of the clays is key to the study of the same, as your application is directly related to the structure, composition and physical properties they possess. The uniaxial pressing method are used in the step of forming the specimens, which are determined on the technological properties thereof as the linear firing shrinkage, the mass loss to fire, water absorption, specific gravity, the apparent porosity and mechanical strength. The main objective of this work is to analyze how some variables of sample preparation influence on the final properties of the material nature of clay, when shaped by pressing. The pressing process consists in putting or not the granulated powder with particle size and moisture content defined in a matrix geometry and pre-determined sizes, usually of metal, with the aid of a pressing machine, usually hydraulic, subjecting it to defined pressure, followed by relief and undercut to remove the specimen. At the present stage, pressing the variables used were: moisture content and particle size of the sample, the variation of final pressure applied. Results indicate that these variables influence the results of technological properties.

Keywords: Fitting, clay materials, characterization.