

Desenvolvimento de materiais cerâmicos de dupla camada com adição de diferentes materiais orgânicos

R. Alves Junior^{1*}, J. B. Silva², L. F. A. Campos³, H. S. Ferreira³, R. P. S. Dutra³

¹Curso de Graduação em Engenharia de Materiais - Universidade Federal da Paraíba.

²Departamento de Engenharia de Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus I, Natal - RN, Brasil. CEP 59078-970.

³Departamento de Engenharia de Materiais - Universidade Federal da Paraíba, Campus Universitário I, João Pessoa-PB. CEP: 58051-900.2

(Recebido em 23/04/2014; revisado em 24/05/2014; aceito em 24/05/2014)
(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

Atualmente a competitividade entre os vários tipos de materiais pode ser considerada uma constante em todos os segmentos da cadeia da construção civil, fazendo com que se busque cada vez mais maximizar a qualidade dos processos e do produto. Esse esforço se reflete necessariamente na busca pela inovação. Neste contexto, a indústria cerâmica vermelha necessita aprimorar a qualidade dos produtos, e uma vertente que necessita de melhorias é a de isolamento acústico e térmico de edificações. Com isso, uma alternativa que pode ser viável é a tecnologia de obtenção de tijolos porosos isolantes. Este trabalho teve por objetivo confeccionar e verificar algumas propriedades de corpos de prova de dupla camada, com uma camada externa responsável pela estética e pela resistência mecânica do corpo de prova e a camada interna extremamente porosa, para ter a função isolante. Foi utilizado argilas adquiridas no litoral paraibano e a região porosa foi produzida com a incorporação de 10 e 20% de matéria orgânica (MDF e pó de serra) nos corpos de prova. Os resultados mostraram que corpos que possuíram 20% de teor de matéria orgânica geraram mais poros que os de 10%, conseqüentemente os corpos que tem esse maior teor de matéria orgânica tem um decréscimo na resistência mecânica, enquanto que os diferentes tipos de argilas utilizadas não trouxeram influencias no sistema. Desse modo, a dupla camada formada foi eficiente na melhora do aspecto visual e aumento da resistência mecânica do material, com a formulação mais adequada de 10% de pó de serra.

Palavras-chave: Argilas; material cerâmico; isolamento térmico; dupla camada.

Abstract:

Lately the competition between the various types of materials can be considered a constant in all segments of the construction, making it increasingly seeks to maximize the quality of processes and products. This effort necessarily reflected in the search for innovation. In this context, the ceramic industry needs to improve the quality of products, and an aspect that needs improvement is the acoustic and thermal insulation of buildings. Thus, an alternative that may be feasible is the technology of obtaining porous insulating bricks. This work aimed to make and verify some properties of specimens double layer, with a charge of aesthetics and the mechanical strength of the specimen and the inner layer extremely porous outer layer, to have the insulating function. Was used clays acquired in Paraíba coastline and porous region was produced with the incorporation of 10 and 20 % organic matter in the specimens. The results showed that bodies who owned 20 % of organic matter content pores generated more than 10%, therefore the bodies that have a higher content of organic matter is a decrease in mechanical strength. While different types of clays used does not influence brought into the system. Thus, the double layer formed was effective in improving the visual appearance and increase the mechanical strength of the material, with the most appropriate formulation of 10% sawdust.

Keywords: Clay; ceramic; thermal insulation; double layer.

1. Introdução

A indústria cerâmica está constantemente visando à ampliação de mercado para o setor e, em razão disto, procura aprimorar a qualidade dos produtos e aumentar a variedade de funções desempenhadas. Uma das funções que precisa de

melhorias é a do isolamento acústico e térmico das edificações, pois muitas delas são conjugadas, seja lateralmente ou verticalmente, sendo necessário o uso de materiais que isolem bem os ambientes [1]. Uma alternativa que pode ser viável para tal função é a tecnologia de obtenção de tijolos ou blocos porosos isolantes.

*Email: rubensalves.jr@hotmail.com (R. Alves Junior)

Pode-se considerar como regra geral que a condutividade térmica de materiais porosos diminui com o aumento da porosidade fechada [2]. Entretanto, a presença de poros implica em diminuição da resistência mecânica bem como favorece a formação de uma superfície irregular e rugosa. Combinando adequadamente as matérias-primas e técnicas de processamento, é possível obter cerâmicas porosas com elevados valores de resistência mecânica, resistência ao ataque químico, elevada refratariedade, elevada uniformidade estrutural e propriedades térmicas favoráveis à sua aplicação [2].

Existem vários métodos para a obtenção de poros cerâmicos, entre eles destaca-se o método da esponja polimérica, do agente espumante (foamind) e de aditivos orgânicos fugitivos e/ou interações de partículas. Esse último foi um dos primeiros métodos desenvolvidos para a obtenção de cerâmicas porosas, e que ainda hoje é largamente usado, por ser considerado uma técnica simples, que consiste na incorporação de produto orgânico dentro dos corpos cerâmicos, os quais são removidos durante a queima [3].

Na técnica de preparação de cerâmicas porosas pela incorporação de produtos orgânicos ao corpo cerâmico, a formação dos poros vai depender da maneira como o material orgânico ficou situado ao corpo, ou seja, podemos ter poros abertos e poros fechados [4]. Essa classificação é dada segundo a sua disponibilidade a um fluido externo. Os poros fechados são inativos quanto ao fluxo de líquidos e gases, mas

exercem influência sobre as propriedades mecânicas, a densidade e a condutividade térmica.

Por outro lado, a utilização de resíduos como matéria-prima secundária, em diferentes processos industriais, tem sido evidenciada pela necessidade de se obter alternativas que permitam a destinação e/ou aplicação segura desses resíduos. Isso é observado ao lidar com os resíduos de madeira, particularmente MDF e pó de serragem (pó de serra). Sua incorporação em peças cerâmicas, como agente orgânico formador de porosidade, pode ser uma alternativa de baixo custo para a produção de peças porosas bem como de reaproveitamento desses resíduos.

Assim, este trabalho tem como objetivo confeccionar e verificar algumas propriedades de corpos cerâmicos conformados com uma dupla camada utilizando a técnica de incorporação de material orgânico, MDF e pó de serra.

2. Materiais e Métodos

O trabalho experimental teve início com a caracterização das amostras envolvidas neste projeto, a fim de ter as melhores condições de definir quais as formulações mais adequadas. Toda etapa de caracterização foi anteriormente desenvolvida [5]. As cinco argilas em que foram analisadas apresentaram algumas características bem distintas, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Características das amostras argilosas estudadas

Principais elementos	Amostras				
	1	2	3	4	5
	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , K ₂ O, MgO	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , K ₂ O, MgO, CaO	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, Na ₂ O	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , K ₂ O, MgO	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , K ₂ O, MgO, Na ₂ O
Diâmetro médio das partículas	20,75 µm	66,54 µm	137,01 µm	7,47 µm	50,04 µm
Índice de Plasticidade	11,1%	9,5%	NP e NL*	26,8%	12,4%
Perda ao fogo	5,8%	4,0%	1,25%	7,0%	3,7%
Resistência a Flexão (950°C)	13,0 MPa	3,7 MPa	**	22,0 MPa	5,3 MPa

*Não plástico e não líquido

**Não foi possível ser determinado.

Após a escolha das matérias-primas iniciou-se a preparação das amostras que foram utilizadas no trabalho. Esta etapa constitui-se de um destorroamento em um almofariz de porcelana e a classificação dessas amostras na peneira de 40 mesh, além da secagem em uma estufa a 100°C, com a finalidade de obter matérias primas com granulometria mais uniforme e adequada para a conformação.

As matérias orgânicas (MDF e pó de serra) utilizadas foram recolhidas de serralhas da região paraibana e classificadas em peneiras ABNT #40 mesh (abertura 0,420mm).

Para a confecção dos corpos cerâmicos, denominado por materiais cerâmicos de dupla camada, fez-se necessário à fabricação de um molde de alumínio (10 x 47 mm), cuja função era separar o material da camada interna, esta contendo também matéria orgânica, do material da camada

externa, esta sem adição de matéria orgânica. O molde de alumínio foi produzido a partir de uma chapa de alumínio de espessura de 0,5 mm por meio da técnica de conformação denominada de dobramento. Em seguida, iniciou-se a etapa de produção do corpo cerâmico de duas camadas. Essa produção passou pelas seguintes etapas:

i) Planejamento: As amostras 4 e 1 [5] foram as amostras escolhidas para fazer parte da região interna do material, por apresentarem as características mais adequadas, tais como maiores perdas ao fogo, índice de plasticidade considerados moderadamente altos e os menores diâmetros de partículas. Utilizou-se 10 e 20% de MDF e pó de serra nos corpos de prova. A região externa do corpo de prova foi confeccionado com a amostra 4 pura, devido ao fato de possuir o maior módulo de ruptura a flexão de três pontos. Nesta etapa, ao todo, foram confeccionados cinco corpos de

prova, com uma umidade de 8%, para cada variação de porcentagem de matéria orgânica, de tipo de matéria orgânica.

A Tabela 2 indica a nomenclatura de cada condição que será utilizada ao longo desse trabalho.

Tabela 2. Descrição da distribuição das variações dos corpos de provas

Nomenclatura	Amostra (argila)	Teor de Mat. Orgânica.	Matéria orgânica
P1	Amostra 4	10%	Pó de Serra
P2	Amostra 4	20%	Pó de Serra
P3	Amostra 4	10%	MDF
P4	Amostra 4	20%	MDF
P5	Amostra 1	10%	Pó de Serra
P6	Amostra 1	20%	Pó de Serra
P7	Amostra 1	10%	MDF
P8	Amostra 1	20%	MDF

ii) **Conformação:** Foram utilizados 13 g para cada corpo cerâmico, os quais foram distribuídos na matriz metálica da seguinte forma: foram colocados 3 g (amostra argilosa + matéria orgânica) na região interna do molde e 10 g na região externa, onde esses 10 g foram divididos da seguinte maneira: 3 g na região inferior da matriz rígida, 4 g nas laterais do dispositivo de alumínio e 3 g na região superior. Posteriormente os corpos cerâmicos de dupla camada de perfil retangular foram moldados sob uma força de 5 toneladas em uma prensa hidráulica uniaxial.

iii) **Queima:** Antes da queima os corpos cerâmicos foram medidos. Os corpos de prova foram queimados a uma temperatura de 950°C com um taxa de aquecimento de 2°C/min até 500°C e uma outra taxa de 10°C/min até 950°C, onde permaneceu nessa patamar por 30 min. Essa queima foi realizada num um forno elétrico onde o resfriamento ocorreu

sem controle de taxa. Após a queima os corpos de prova tiveram suas dimensões medidas novamente.

iv) **Propriedades:** Além das propriedades de secagem, retração linear de secagem (RLs) e teor de umidade (TU), foi determinado a porosidade aparente, absorção de água e densidade aparente através do princípio de Arquimedes com imersão em água. Foi determinada a resistência mecânica dos corpos produzidos através de ensaio de flexão de três pontos com uma velocidade de aplicação de carga de 0,5mm/min.

3. Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta os resultados das propriedades de secagem das formulações em estudo, representada pela média aritmética de cinco resultados.

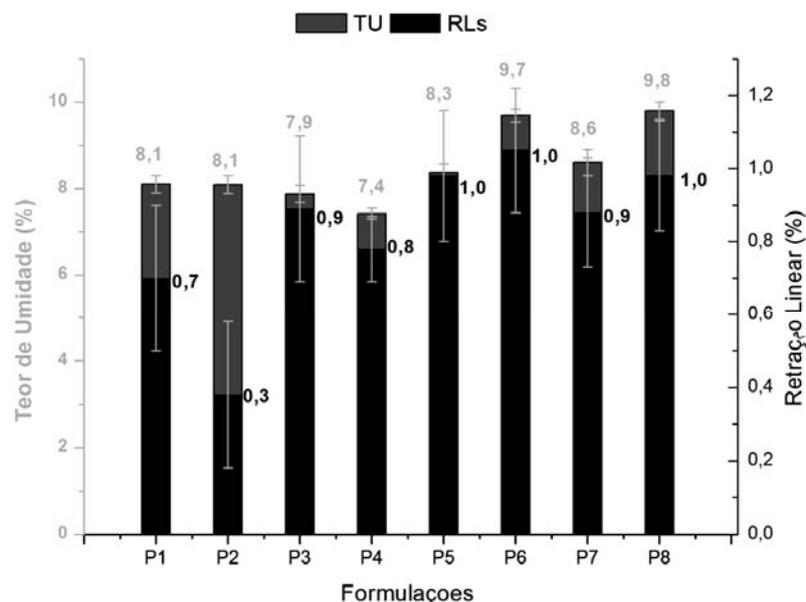


Figura 1. Gráfico comparativo do teor de umidade (TU) versus retração linear de secagem (RLs)

O teor de umidade (TU) das formulações que continham amostra 4 (P1 à P4) foi, em média, menor que o TU constatado para as formulações que continham amostra 1 (P5 à P8). As formulações que possuíam amostra 4 tiveram um TU por volta de 7,8% enquanto que as formulações que continham a amostra 1 os TU foram aproximadamente 9,1%. A retração linear de secagem (RLs) comportou-se da mesma maneira, onde para as formulações com amostra 4 a RLs foi aproximadamente 0,7%, já para as formulações com amostra 1 a RLs foi aproximadamente 1,0%. Para ambas amostras não foi constatado nenhuma trinca nos corpos de prova.

A retração linear (RL), a absorção de água (AA) e a porosidade aparente (PA) de todas as formulações estudadas são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Propriedades tecnológicas do material de dupla camada.

	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)
P1	0,7	11,1	22,2
P2	0,7	13,2	25,1
P3	0,9	11,9	23,5
P4	0,8	13,1	25,0
P5	0,6	11,9	23,5
P6	0,7	14,6	26,9
P7	0,6	11,6	23,2
P8	0,6	13,6	26,0

Por meio da Tabela 3 é possível notar que a retração linear nos corpos cerâmicos que continham pó de serra não tiveram grandes variações, ficaram em torno de 0,65%. Já os corpos que continham MDF, como matéria orgânica teve uma sensível variação na retração linear, principalmente quando variou a amostra argilosa utilizada. Observa-se que nas condições P4 e P8 essa afirmação ficou mais nítida.

A Figura 2 apresenta a retração linear das formulações com variação apenas na matéria orgânica utilizada, onde R1 representa as amostras que continham amostra 4 e 10% de matéria orgânica, R2 as amostras que continham amostra 4 e 20% de matéria orgânica, R3 as amostras que continham amostra 1 e 10% de matéria orgânica e R4 as amostras que continham amostra 1 e 20% de matéria orgânica. Quando utilizou a amostra 4 (R1 e R2) e pó de serra teve-se uma menor retração linear que as amostras que utilizaram a mesma argila entretanto com o MDF. Essa situação ficou invertida quando se utiliza a amostra 1 (R3 e R4). Onde as amostras que continham MDF possuem uma retração linear menor que as amostras que possuíam pó de serra. Esse comportamento mostra que a interação da matéria orgânica com a argila utilizada influi em algumas de suas principais propriedades, como é o caso da retração linear.

Nota-se na Tabela 3 que a AA e a PA de todos os corpos cerâmicos aumentam com o aumento do teor de matéria orgânica. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que à medida que se adiciona mais matéria orgânica na região interna no bloco de dupla camada mais poros serão formados durante o processo de queima, pois como a matéria orgânica

tem uma decomposição menor do que a temperatura final de queima do bloco, deixando espaços vazios no material.

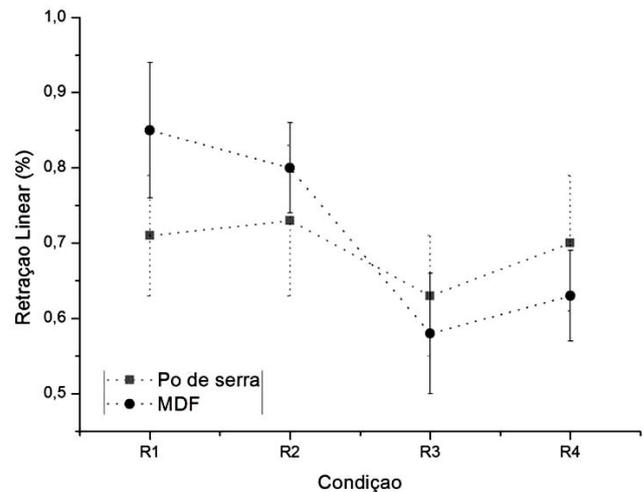


Figura 2. Gráfico da retração linear em função da variação da matéria orgânica utilizada

Também é possível observar na Tabela 3 que o tipo de matéria orgânica utilizada não trouxe grandes variações na AA e PA. Nas condições P6 e P8, por exemplo, a única variação entre essas condições é que a P6 utiliza-se pó de serra enquanto que na P8 utiliza-se o MDF e a PA permanece em aproximadamente 26%.

Em todos os casos a AA e a PA são diretamente proporcional, ou seja, à medida que a quantidade de poros aumenta a absorção de água também aumenta. Essa afirmação é facilmente entendida, pensando que à medida que se tem mais poros, maior a quantidade de vazios e consequentemente mais fácil será a absorção de água.

Outra propriedade que é de fundamental importância a ser analisada quando se desenvolve um novo material é a resistência mecânica. Visto que à medida que aumenta a porosidade existe a tendência da diminuição da resistência mecânica. Os resultados da resistência mecânica, que neste trabalho foi verificada por meio do ensaio de flexão de três pontos, estão apresentados na Figura 3.

Conforme mostra a Figura 3 o módulo de ruptura médio ficou em torno de 5,58 MPa. Tendo uma resistência máxima na condição P5 de 6,96 MPa e uma resistência mínima na condição P4 de 4,18 MPa. Observa-se que com esses resultados a tendência da diminuição da resistência mecânica com o aumento da porosidade não foi direta, uma vez que a maior porosidade foi na condição P6 com um valor de 26,9%, enquanto que a mesma amostra tem uma resistência intermediária (4,70 MPa). Esse comportamento muito provavelmente se deve ao fato da existência da camada externa do bloco de dupla camada. Camada essa que confere ao material uma maior resistência mecânica.

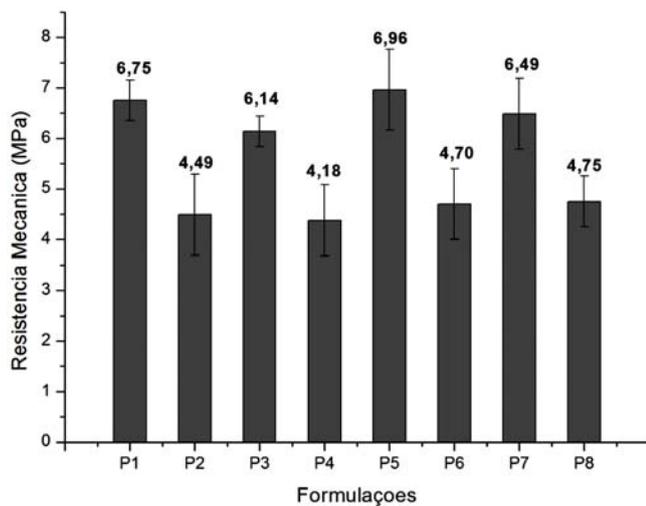


Figura 3. Gráfico do comportamento da resistência mecânica em relação às formulações

Quando se variou o teor de matéria orgânica notou-se que em todas as amostras que continham um teor de 10% tiveram uma maior resistência mecânica do que as que utilizaram 20%, devido ao aumento do teor de matéria orgânica proporcionar uma maior quantidade de poros e consequentemente menor a resistência mecânica. Este comportamento fica claro quando se compara as condições P1 e P2, as quais são diferenciadas pelo teor de matéria orgânica, tendo na P1 10% de pó de serra e na P2 20% de pó de serra. Já nas condições P3 e P4, por exemplo, a situação continua a mesma, pois mesmo utilizando de MDF, a condição P3 que tem 10% de MDF possui uma tensão máxima de 6,14 MPa, enquanto na condição P4 com 20% de MDF tem uma resistência de 4,38 MPa.

Já quando confronta os resultados da resistência mecânica nas condições em que se varia apenas o tipo de matéria orgânica incorporada, nota-se que não houve grandes variações na resistência. Por exemplo, nas condições P6 (20% de pó de serra) e P8 (20% de MDF), não houve praticamente nenhuma variação na resistência mecânica, ficando em torno de 4,7 MPa. O fato das matérias orgânicas utilizadas nesse trabalho estarem em uma granulometria próxima (classificadas na peneira 40 *mesh*), possuírem uma temperatura de decomposição também muito próxima e estarem distribuídas uniformemente ao longo do corpo cerâmico de dupla camada favoreceu a essa uniformidade da resistência mecânica.

A variação na argila utilizada não trouxe grandes variações na resistência mecânica, ou seja, independente da argila utilizada, os corpos cerâmicos de dupla camada tiveram o mesmo comportamento quanto à resistência, conforme mostra a Figura 4. Entretanto as formulações que continham amostra 1 como material argiloso apresentaram sempre uma resistência mecânica levemente superior que as formulações que continham amostra 4 como material argiloso.

A Figura 4 possui a seguinte nomenclatura: Q1 é quando estiver na condição pela qual se tem 10% de pó de serra, Q2

onde se tem 20% de MDF, Q3 quando se tem 10% de MDF e Q4 quando se tem 20% de MDF.

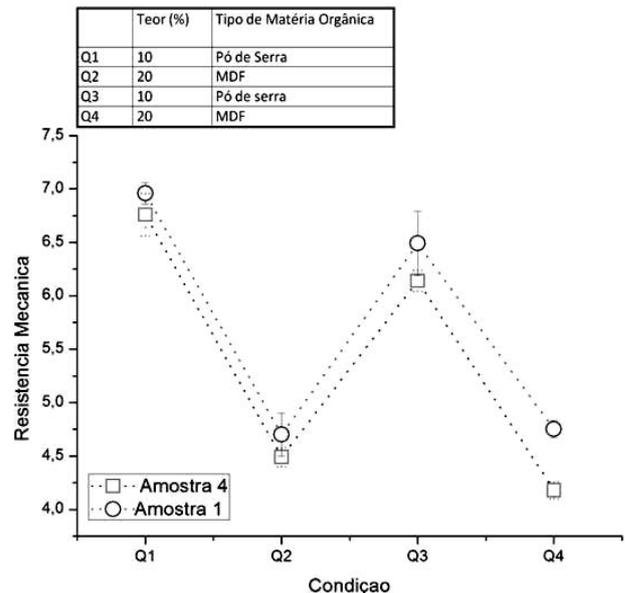


Figura 4. Gráfico das resistências mecânicas em função da variação da argila utilizada

4. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos pode-se afirmar que a função da dupla camada foi satisfatória, pois além de melhorar os aspectos visuais houve uma melhora na resistência mecânica do material. Também se pode assegurar que a incorporação de matéria orgânica no corpo cerâmico propicia a formação de poros depois da queima, bem como pode se certificar que o teor dessa matéria orgânica vai influenciar no desempenho do mesmo. Conforme resultados apresentados, os corpos que possuíam 20% de teor de matéria orgânica geraram mais poros que os de 10%, consequentemente os corpos que tem esse maior teor de matéria orgânica tem um decréscimo na resistência mecânica, mesmo com a influência da dupla camada. O tipo de argila não apresentou influências na produção da porosidade do sistema, nem na resistência mecânica. Os diferentes tipos de matéria orgânica não trouxeram grandes alterações nas propriedades medidas.

Portanto, a formulação em que contém a argila do tipo 1, com 10% de pó de serra, apresentou 23,5% de porosidade aparente e a maior resistência mecânica (6,96 MPa), caracterizando-se uma formulação com um alto teor de poros e uma resistência mecânica satisfatória.

Referências

- [1] Pukasiewicz, A. G. M.; Tecnologia de Processos de Fabricação IV; Centro federal de educação tecnológica do Paraná; 2001.

- [2] Norton, F. H.; Introdução à Tecnologia Cerâmica: tradutor Jefferson Vieira de Souza; Edgard Blücher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1973.
- [3] Ortega, F. S., Pndolfelli, V. C., Rodrigues, J. A., Souza de, D. P. F. Artigo Revisão: Aspectos da Reologia e da Estabilidade de Suspensões Cerâmicas. Cerâmica, 43, 77-83, 1997.
- [4] Barbieri, R. A. Influencia da Temperatura de Sinterização nas Propriedades Mecânicas de Molas de Alumina Injetadas em Baixa Pressão; Universidade de Duque de Caxias do Sul; 2011.
- [5] Alves, R. J. Dutra, R. P. S. Araújo, L. F. Ferreira, H. S. Guedes, S. J. L. Utilização De Matérias Primas Argilosas no Desenvolvimento Cerâmicos Especiais: Parte I – Caracterização; REMAP, 7 (2) 117-122, 2012.