

Estudo da retração e resistência à flexão da cerâmica com substituição parcial de materiais residuais

(Study of retractance and resistance to flexion of ceramics with partial replacement of residual materials)

L. M. Santos¹; V. M. B. Medeiros², O. M. Oliveira³, F.R. Valenzuela-Diaz

^{1, 2, 3}Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Vitória da Conquista
Av. Sérgio Vieira Melo, 3150, Bairro Zabelê, Vitória da Conquista, BA

²Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais

Av. Prof. Luciano Gualberto, 380, Travessa 3, Cidade Universitária

¹larissamaia1011@gmail.com, ²vinhttp97@gmail.com, ³orley10estudo@yahoo.com,
⁴frrvdiaz@usp.br

Resumo

A indústria da construção busca materiais que possibilitem o aprimoramento de suas atividades com o uso de novas tecnologias concomitantemente com a preocupação na redução de impactos ambientais. No mercado das cerâmicas é possível incorporar resíduos provenientes de atividades industriais, como resíduos de mineração. Nesse cenário esse projeto objetiva a implementação de resíduos provenientes da mineração da bentonita na argila para fabricação de materiais cerâmicos. A metodologia empregada nesse projeto consiste na confecção de corpos de prova de argila com substituição da argila pelo resíduo do beneficiamento da bentonita nas faixas de 0%, 5% e 10%. Após a confecção são feitos testes para verificar o comportamento dessas amostras quando submetidas aos testes de ruptura à flexão e análise da retração. Espera-se encontrar uma porcentagem que apresente propriedades similares ou melhoradas à argila de referência 0% de forma a contribuir para a indústria da construção civil e promover um desenvolvimento sustentável.

Palavras chave: tecnologia, materiais cerâmicos, desenvolvimento sustentável.

Abstract

The construction industry looks for materials that enable the improvement of its activities with the use of new technologies concomitantly with the concern in the reduction of environmental impacts. In the ceramic market it is possible to incorporate waste from industrial activities, such as mining waste. In this scenario, this project aims at the implementation of residues from the bentonite mining in the clay to manufacture ceramic materials. The methodology employed in this project consists in the preparation of clay specimens with clay replacement by the bentonite beneficiation residue in the 0%, 5% and 10% bands. After the preparation, tests are performed to verify the behavior of these samples when submitted to the tests of bending rupture and analysis of the retraction. It is expected to find a percentage that presents similar or improved properties to 0% reference clay in order to contribute to the construction industry and promote sustainable development.

Keywords: technology, ceramic materials, sustainable development.

INTRODUÇÃO

A cerâmica é um dos materiais artificiais mais antigos produzidos pelo homem. Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica (ANFACER), estima-se que a produção desse material já ocorra a cerca de 10 mil anos. No Brasil, a indústria cerâmica contribui com cerca de 1% do PIB do país.

Os materiais cerâmicos são formados essencialmente por argilas [1]. As argilas comuns que apresentam grande variação no que se refere a composição química, mineralógica e física, dessa forma as propriedades mecânicas dos produtos que tem como base a cerâmica dependem da composição das argilas e das condições de processamento empregados [2].

Dentre os materiais argilosos tem-se a bentonita, um argilo-mineral com alto teor de montmorilonita, sendo esta, um tipo de argila que apresenta propriedades de expansão e alta plasticidade na presença de umidade [3]. No processo de beneficiamento da bentonita existe a produção de resíduos que possuem uma granulometria fina e alto teor de sílica, resíduos estes que acabam se tornando um passivo ambiental.

O Brasil possui uma das dez maiores reservas de bentonita do mundo, em Vitória da Conquista, no distrito de Pradoso, existe uma jazida de exploração e beneficiamento desse material, essa região está localizada em uma área de transição entre a caatinga e a mata atlântica, nesse contexto esses resíduos se configuram como passivos ambientais [4].

Com base na variação das propriedades das cerâmicas a partir da composição da argila é possível auxiliar o desenvolvimento do material cerâmico e assim obter um produto de melhor qualidade, com características específicas por meio de mudanças ou acréscimos em sua formulação [5]. Assim, é possível trabalhar as características dos materiais cerâmicos com o uso de resíduos da indústria de mineração, nesse caso específico, os resíduos provenientes do beneficiamento da bentonita, de modo a contribuir com novas tecnologias para o mercado da construção civil atrelando a isso a redução de impactos ambientais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Preparação do material

Inicialmente foi coletada uma amostra de argila em uma indústria de cerâmica na cidade de Vitória da Conquista, a Cerâmica Simonassi da Bahia. A amostra foi seca em estufa em temperatura aproximada de 110°C. Em seguida foi triturada em um moinho de bolas com diâmetro aproximado de 2,0 cm por cerca de vinte minutos.

Também foi coletada uma amostra do resíduo do processo de beneficiamento da bentonita na jazida da Companhia Brasileira de Bentonita (CBB), localizada na cidade de Vitória da Conquista. A mostra foi seca em estufa com temperatura aproximada de 110°C.

Tanto a argila quanto o resíduo da bentonita foram peneirados na peneira de malha ABNT 80 (0,18mm) para redução de granulometria e também para impedir que resíduos de matéria orgânica permanecessem na amostra.

Preparação dos corpos de prova

Após o peneiramento foram pesadas 10 alíquotas de 15 gramas cada de argila cada e acrescidas 10% de umidade, para isso foi utilizada água deionizada. Foi feita a homogeneização da argila com a umidade manualmente com uso de recipientes e espátulas de modo que toda a alíquota ficasse com umidade uniforme. Após a homogeneização as alíquotas foram colocadas em um recipiente metálico fechado em uma cuba de manutenção de umidade por 24 horas.

Foi feita então a moldagem dos corpos de prova em um molde retangular com dimensões aproximadas de 2,03x6,00x0,85cm. O molde foi untado com uma camada muito fina de óleo para evitar que o material ficasse preso após a moldagem. Então, a amostra foi uniformemente distribuída dentro do molde e em seguida submetida a prensagem uniaxial a seco de no mínimo 4Tf para a conformação dos corpos de prova.



Figura 1 – Moldagem dos corpos de Prova. (Fonte: Autoria própria)

Após a moldagem os corpos de prova foram pesados, medidos e identificados para fins de comparação após a finalização do processo e submetidos a secagem natural por 24 horas. Em seguida, os corpos e prova foram colocados para secagem na estufa durante 24 horas. O processo final ocorreu na mufla onde os corpos de prova são queimados com um velocidade de aquecimento de 5°C por minuto em patamares de temperatura de 270°C, 540°C e 950°C.

Finalizado o processo de queima, os corpos de prova prontos são novamente pesados, medidos e acomodados em local livre de impactos para a realização dos testes de caracterização. O mesmo procedimento é repetido para alíquotas com substituição da argila pelo resíduo da mineração da bentonita em porcentagens de 5% e 10%.



Figura 2 – Corpos de prova após a queima (Fonte: Autoria Própria)

Caracterização dos corpos de prova

A caracterização dos corpos de prova foi feita através dos testes de retração linear e ensaio de flexão em três pontos.

Ensaio de retração linear

Esse ensaio consiste na obtenção da diferença das dimensões de largura, comprimento e altura dos corpos de prova de argila após a moldagem e logo após a queima.

Ensaio de flexão de três pontos

Após o processo de queima os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de flexão em três pontos em uma prensa manual com a aplicação de uma força até o estado de ruptura do material. Com posse desse dados é possível calcular a resistência à flexão através da Equação (A).

$$\sigma_{RF} = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \quad (A)$$

Onde:

F= Força aplicada (N), L= Distância entre apoios (m), b= Largura do corpo de prova(m) e d= Espessura do corpo de prova (m).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Retração na secagem e na queima dos corpos de prova durante a sinterização

Nas tabelas I, II e III estão dispostos os resultados de retração após o processo de queima a 950°C.

Tabela I – Retração após sinterização dos corpos de prova de argila com 0% de incorporação do resíduo da bentonita. (Fonte: Autoria Própria)

CP	Antes da Queima		Depois da queima		Variação Percentual	
	Peso (g)	Comprimento(m)	Peso(g)	Comprimento(m)	Peso	Comp.
1	16,284	6,04	12,886	2,01	20,87	2,98
2	16,382	6,03	12,891	1,98	21,31	2,82
3	16,337	6,03	12,901	1,98	21,03	2,99
4	16,059	6,03	12,843	1,99	20,03	2,82
5	16,339	6,03	12,964	2,01	20,66	2,82
6	16,446	6,03	12,978	2,00	21,09	2,82
7	16,229	6,03	12,869	2,00	20,70	2,99
8	16,015	6,04	12,933	2,01	19,24	2,98
9	16,064	6,03	12,931	1,99	19,50	2,99
10	16,182	6,03	12,897	1,99	20,30	2,82
Média	16,23	6,03	12,91	2,00	20,47	2,90

Tabela II – Retração após sinterização dos corpos de prova de argila com 5% de incorporação do resíduo da bentonita. (Fonte: Autoria Própria.)

CP	Antes da Queima		Depois da queima		Variação Percentual	
	Peso (g)	Comprimento(m)	Peso(g)	Comprimento(m)	Peso	Comp.
1	16,28	6,03	12,93	5,83	20,61	3,32
2	16,11	6,03	12,87	5,83	20,09	3,32
3	16,17	6,03	12,85	5,83	20,50	3,32
4	16,24	6,03	12,90	5,84	20,57	3,15
5	16,20	6,05	12,82	5,82	20,87	3,80
6	16,29	6,03	12,93	5,84	20,61	3,15
7	16,10	6,03	12,86	5,83	20,08	3,32
8	16,09	6,03	12,88	5,83	19,96	3,32
9	16,17	6,03	12,92	5,82	20,07	3,48
10	16,06	6,03	12,79	5,83	20,32	3,32
Média	16,17	6,03	12,88	5,83	20,37	3,35

Tabela III – Retração após sinterização dos corpos de prova de argila com 10% de incorporação do resíduo da bentonita. (Fonte: Autoria Própria.)

CP	Antes da Queima		Depois da queima		Variação Percentual	
	Peso (g)	Comprimento(m)	Peso(g)	Comprimento(m)	Peso	Comp.
1	15,926	6,03	12,664	5,83	20,48	3,32
2	16,155	6,03	12,726	5,83	21,23	3,32
3	15,931	6,03	12,676	5,83	20,43	3,32
4	16,123	6,04	12,726	5,84	21,07	3,31
5	15,992	6,04	12,699	5,84	20,24	3,31
6	15,939	6,03	12,658	5,84	20,58	3,15
7	16,111	6,03	12,775	5,83	20,83	3,32
8	16,071	6,03	12,767	5,83	20,56	3,32
9	16,131	6,03	12,724	5,83	21,12	3,32
10	16,052	6,03	12,645	5,84	21,22	3,15
Média	16,04	6,03	12,71	5,84	20,78	3,28

Percebe-se que nos corpos de prova sem a substituição da argila pelo resíduo proveniente do beneficiamento da bentonita a variação média de peso após a secagem é de 20,5%. Para os corpos de prova com substituições de 5% e 10% a variação percentual de peso foi, respectivamente de 20,4% e 20,8%. A variação de peso entre as diferentes porcentagens de substituição do resíduo é muito pequena o que leva a constatar que o acréscimo do resíduo não interfere nessa propriedade.

Quanto à variação de dimensões, os corpos de prova com 0% de substituição do resíduo apresentaram, em seu comprimento, um retração média de 2,9%. Para as porcentagens de 5% e 10%, a retração média foi de 3,3%. O aumento da retração, embora muito pequeno, pode ser explicado devido ao comportamento do elemento base da bentonita, a montmorilonita, que tende a absorver a umidade provocando seu inchamento, conseqüentemente, após a queima, há maior retração do material. A retração, por ser em pequenas proporções, não tende a danificar o produto cerâmico final.

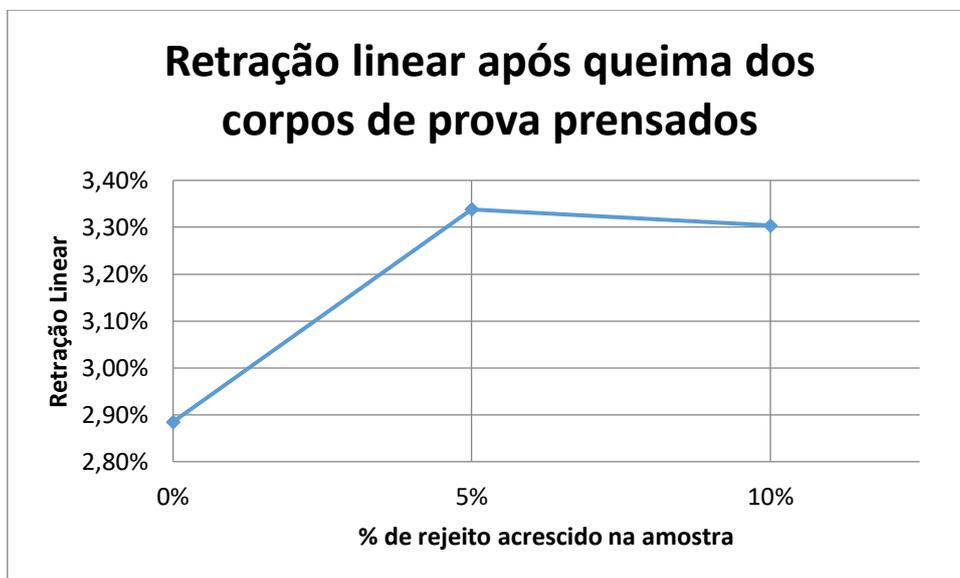


Figura 3 – Gráfico de retração linear. (Fonte: Autoria Própria)

Flexão em três pontos

Ao se observar os resultados desse ensaio, dispostos na tabela IV, percebe-se que a resistência à flexão média dos corpos de prova com 0% de substituição é de 6,16MPa. Nas amostras com 5% e com 10% de substituição de argila pelo resíduo da mineração da bentonita, a resistência à flexão média observada é de, respectivamente, 4,74MPa e 5,25MPa.

Tabela IV – Tensão de ruptura dos corpos de prova depois da queima. (Fonte: Autoria Própria)

Corpo de Prova	0% de substituição		5% de substituição		10% de substituição	
	Tensão de Ruptura (N)	Resistência à Flexão (MPa)	Tensão de Ruptura (N)	Resistência à Flexão (MPa)	Tensão de Ruptura (N)	Resistência à Flexão (MPa)
1	64	6,43	50	4,73	53	5,06
2	61	6,03	50	4,51	68	6,34
3	Dado invalidado	-	Dado invalidado	-	47	4,51
4	59	5,98	47	4,45	53	4,88
5	54	5,59	46	4,26	50	4,74
6	75	7,57	57	5,24	54	5,17
7	65	6,55	48	4,43	62	5,92
8	51	4,97	46	4,22	51	4,68
9	66	6,68	53	4,86	65	5,97
10	59	5,64	64	5,94	Dado invalidado	-
Média	61,56	6,16	51,22	4,74	55,89	5,25

Observa-se que há uma queda considerável de resistência à flexão para a porcentagem de 5% de substituição de argila pelo resíduo proveniente do beneficiamento da bentonita, entretanto, a resistência tem um aumento considerável para os corpos de prova com 10% de substituição em comparação aos de 5%, indicando que, possivelmente, um aumento de substituição acima da faixa de 10% melhoraria a resistência do material.

Ao se comparar os resultados referentes à retração e resistência à flexão percebe-se que os corpos de prova com 5% de substituição apresenta resultados negativos à essas propriedades quando comparados com os corpos de prova com 0% de adição. Entretanto, quando se compara o material com 5% e 10% de substituição, os corpos de prova de 10% apresentam características positivas de retração e resistência à flexão.

Por conta das características da bentonita, o material residual utilizado tende a absorver mais umidade, portanto apresenta maior retração quando essa umidade é retirada. Em contrapartida, o provável alto teor de sílica provoca nesse material, quando submetido a altas temperaturas, maior vitrificação e portanto maior resistência, causando assim um equilíbrio entre resistência e retração em determinados teores de porcentagens, ou seja, em uma porcentagem ótima.

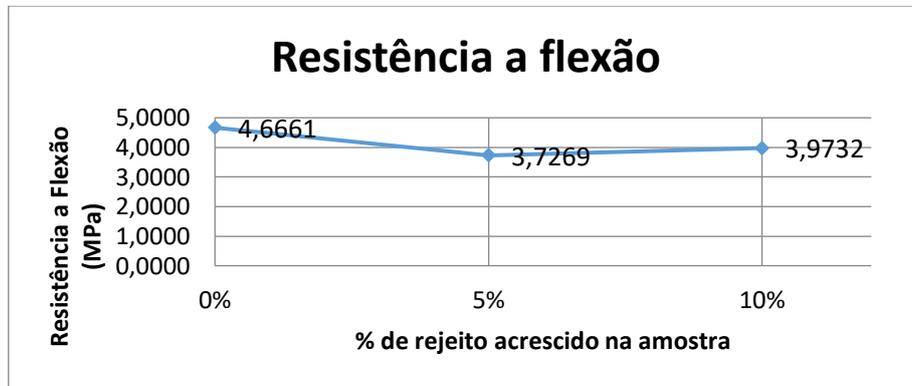


Figura 4 – Gráfico de resistência a flexão linear. (Fonte: Autoria Própria)

CONCLUSÕES

A partir da análise dos dados obtidos foi possível observar que os corpos de prova com 5% e 10% de substituição apresentaram características de retração e resistência negativas quando comparados aos corpos de prova com 0% de substituição, isso porque a quantidade de sílica presente na amostra não foi capaz de causar vitrificação suficiente para compensar a retração excessiva e conseqüentemente, a perda de resistência. Porém, quando se compara os corpos de prova com substituição de argila (5% e 10%), os melhores índices de resistência e retração foram apresentados nos corpos de prova com maior porcentagem.

Portanto, é possível que, ao substituir maior quantidade de argila pelo material residual a quantidade de sílica à massa total é aumentada, favorecendo a vitrificação e, conseqüentemente, a resistência, balanceando os efeitos de retração. Devido as características positivas de resistência e retração dos corpos de prova com 10% de substituição em relação aos corpos de prova com 5% de substituição, pode-se supor a existência de uma porcentagem ótima de substituição.

Novas pesquisas estão sendo feitas com o aumento da porcentagem da substituição da argila para se encontrar o teor de porcentagem ótima e assim, encontrar um produto cerâmico com propriedades atrativas para a indústria da construção civil em concomitância com a redução dos passivos ambientais provocados pela indústria mineradora.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à empresa Cerâmica Simonassi Bahia (CSB), à Companhia Brasileira de Bentonita (CBB), ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia campus Vitória da Conquista e aos orientadores Orley Magalhães de Oliveira e Francisco Rolando Valenzuela Diaz.

REFERÊNCIAS

- [1] HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Materiais de construção básicos**. [S. l.]: Instituto Federal Sul-rio-grandense, 2011. Disponível em: http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/_pdf/apostila_mcb.pdf. Acesso em: 20 mar. 2019.
- [2] PINHEIRO, B.C.A.; HOLANDA, J.N.F. Efeito da temperatura de queima em algumas propriedades mecânicas de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, UENF - Campos dos Goytacazes, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v56n339/a0556339.pdf>. Acesso em: 3 maio 2019.
- [3] SILVA, A.R.V.; FERREIRA, H.C. Argilas bentoníticas: conceitos, estruturas, propriedades, usos industriais, reservas, produção e produtores/fornecedores nacionais e internacionais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, [S. l.], 22 ago. 2008. Disponível em: <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/viewFile/77/91>. Acesso em: 8 maio 2019.
- [4] JESUS, Roberta Maria. **Análise socioambiental do processo produtivo do minério bentonita no distrito de pradoso: Vitória da Conquista-BA**. Universidade Federal da Bahia, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/19785/1/Roberta%20Batista%20de%20Jesus.ppd>. Acesso em: 28 abril 2019.
- [5] ANDRADE, Felipe Lira Formiga. **Estudo da formulação de massa cerâmicas provenientes da região do Seridó-RN para fabricação de telhas**. 2009. Tese (Mestrado em engenharia mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, [S. l.], 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15569>. Acesso em: 03 maio 2019