

## **Avaliação de propriedades reológicas de argamassa com uso de chamote (Evaluation of rheological properties of mortar using chamotte)**

A.R.G. Azevedo<sup>1,3\*</sup>; J. Alexandre<sup>2</sup>; E.B. Zanelato<sup>2</sup>; M.T. Marvila<sup>2</sup>; G.C. Xavier<sup>2</sup>; N.A. Cerqueira<sup>2</sup>; T.L.E. Santo<sup>2</sup>; L.J.T. Petrucci<sup>3</sup>; D. Cecchin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense – UFF - Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente

Rua Passo da Pátria, 156 – Bloco D (Escola de Engenharia), São Domingos, Niterói, RJ

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF – Laboratório de Engenharia Civil

Avenida Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes, RJ, Parque California, Campos dos Goytacazes, RJ

<sup>3</sup> Instituto Federal Fluminense – IFF – *Campus Campos Centro*

Rua Dr. Siqueira 273, Campos dos Goytacazes, RJ, Parque Tamandaré, Campos dos Goytacazes, RJ

\*afonso.garcez91@gmail.com

### **Resumo**

*A indústria cerâmica tradicionalmente gera uma grande quantidade de resíduos oriundos do processo de produção das peças cerâmicas, como peças defeituosas ou que quebram ao longo do processo de confecção, esses resíduos são tradicionalmente chamados de chamote e apresentam características que possibilitam sua reutilização em outros materiais de construção, como argamassas e matérias cerâmicos. A avaliação de propriedades reológicas é de fundamental importância visando dar a argamassa uma condição ideal de aplicação, sendo uma característica do estado fresco para aplicações práticas. Assim o objetivo deste trabalho foi à avaliação de propriedades reológicas de argamassas para assentamento de blocos e revestimento de paredes e tetos, substituindo em diferentes proporções (0, 25, 50, 75 e 100%) a areia utilizada pelo chamote. O chamote passou por um processo de beneficiamento visando a sua trituração e uniformização, assemelhando-se as condições de agregado miúdo requerido para materiais cimentícios, de acordo com a norma técnica brasileira. Após a confecção das argamassas nos diferentes níveis de incorporação foi realizado a avaliação das condições reológicas através do ensaio de squeeze flow, que consistiu em aferir o espalhamento após o puncionamento da argamassa em um molde cilíndrico. Os resultados encontrados permitiram determinar que a incorporação do chamote em argamassa traz vantagens reológicas a argamassa, limitado a 50% de substituição, devido ao avanço do estado de consolidação da massa, conferindo uma tendência de aplicabilidade ótima para obras. Pode-se concluir assim, que incorporações de até 50% podem ser feitas, sem prejuízos a condições reológicas, sendo que em porcentagens superiores a argamassa apresentou uma baixa fluidez, não sendo indicada para usos em construção civil.*

*Palavras chave: Reologia, argamassa, chamote*

### **Abstract**

*The ceramic industry traditionally generates a large amount of waste from the production process of the ceramic pieces, such as defective parts or that break during the manufacturing process, these residues are traditionally called chamote and have characteristics that allow their reuse in other materials of such as mortars and ceramics. The evaluation of rheological properties is of fundamental importance in order to give the mortar an ideal application*

*condition, being a characteristic of the fresh state for practical applications. Thus, the objective of this work was to evaluate the rheological properties of mortars for laying blocks and covering walls and ceilings, replacing the sand used by the shale in different proportions (0, 25, 50, 75 and 100%). The chamote underwent a process of beneficiation aiming at its grinding and uniformization, resembling the small aggregate conditions required for cementitious materials, according to the Brazilian technical standard. After the preparation of the mortars at the different levels of incorporation, the rheological conditions were evaluated through the squeeze flow test, which consisted in measuring the scattering after the punching of the mortar in a cylindrical mold. The results showed that the incorporation of the shroud in mortar brings rheological advantages to the mortar, limited to 50% of substitution, due to the advance of the state of consolidation of the mass, giving an optimum applicability tendency for works. It can be concluded that incorporations of up to 50% can be made, without damage to rheological conditions, and that in higher percentages the mortar presented a low fluidity, and is not indicated for uses in civil construction.*

*Keywords: Rheology, mortar, chamote*

## **INTRODUÇÃO**

A indústria de cerâmica vermelha produz uma grande quantidade de resíduos nas suas diversas etapas de produção, que vai desde a extração da matéria-prima natural (solo) até mesmo resto de peças cerâmicas que apresentam problemas de comercialização, como empenos, trincas, fissuras e outras patologias, sendo descartados pelas indústrias [1]. Esse resíduo de material cerâmico, geralmente após a etapa de queima é denominado de chamote, sendo rico em propriedades relativas aos materiais cerâmicos [2].

É muito comum o reaproveitamento do chamote dentro de uma mesma indústria cerâmica, pois sua constituição é de uma massa argilosa que já foi trabalhada, sendo considerado um material nobre. Caso não seja utilizado, o descarte deste resíduo sólido deve seguir as regras ambientais, como disposição em aterros sanitários, que são relativamente caros para as indústrias [3].

Algumas alternativas ao descarte vêm sendo estudadas para os variados resíduos sólidos produzidos, como sua re inserção em materiais de origem cimentícias, como concretos e argamassas, conferindo a esses materiais uma condição de simples preenchimento inerte ou na melhora de alguma propriedade tecnológica [4-5].

As argamassas são um dos materiais de construção mais utilizados na indústria da construção civil, que apesar da forte queda verificada nos últimos anos, começou a retomar o ritmo produtivo. Sendo assim, espera-se um rápido crescimento relativo ao uso de argamassas para fins de revestimento de paredes e tetos e assentamento de blocos, o que nos leva a criar condições tecnológicas e ambientais para sua produção [4].

Uma possibilidade apontada, que tem a finalidade de equilibrar condições ambientais a tecnológica, é a utilização de resíduos sólidos, como o chamote, em argamassas de múltiplo- uso para a construção civil [2]. Porém o uso de um resíduo deve ser positivo do ponto de vista de aplicabilidade do produto no seu estado fluido [3]. Uma importante propriedade relativa as argamassas no seu estado fresco, ou seja, fluido, é o seu comportamento reológico, que tem influencia direta com a qualidade de aplicabilidade do produto em uma alvenaria, além de atestar o estado de consolidação dos materiais constituintes da pasta ao longo do tempo de hidratação [6].

Existem varias metodologias de avaliação do comportamento reológico de argamassas, uma delas, que é a mais utilizada é o *squeeze flow*, que vem sendo fortemente estudado nos últimos anos. Sendo assim o objetivo desta pesquisa foi à avaliação de propriedades reológicas de argamassas para assentamento de blocos e revestimento de paredes e tetos, substituindo em diferentes proporções (0, 25, 50, 75 e 100%) a areia utilizada pelo chamote, proporcionando uma redução do uso do recurso natural, como a areia de rio [6].

## MATERIAIS E MÉTODOS

O resíduo utilizado nesta pesquisa, denominado de chamote, foi devidamente coletado de um indústria cerâmica localizada no município de Campos dos Goytacazes que tem uma produção mensal estimada de 450.000 blocos furados para fins de vedação, que são devidamente queimado a temperaturas que variam de 750 a 950 °C [7].

O chamote foi obtido a partir do descarte dos blocos cerâmicos queimados a aproximadamente 850 °C, em acordo com o procedimento de coleta normatizado [8]. Logo a seguir o resíduo foi devidamente triturado em moinho de bolas, que contém cerca de 9 esferas de aço com diâmetro 40 mm para cada 5 kg de resíduo, com rotação 750 rpm durante 15 min. Após o resíduo encontrar-se triturado e em condições de uso procedeu-se a confecção da argamassa. Tanto os resíduos quanto a areia utilizada foram devidamente secos em estufa a uma temperatura de 110 °C, por um período médio de 24 horas, que foi o período de tempo para atingir massa constante, desconsiderando assim o efeito da umidade dos materiais [2].

Os demais materiais utilizados foram o cimento Portland tipo III (CP-III) e a cal hidratada tipo III (CH-III), ambos os materiais são os mais utilizados em termos comerciais e tem custos reduzidos em comparados com outros.

Para a confecção da argamassa, utilizou-se o traço 1:1:6 (cimento, cal e areia) em proporção de massa, para o traço de referencia (0%), sendo os demais incorporados o resíduo na massa do agregado miúdo (areia), em diferentes proporções (0, 25, 50, 75 e 100%). Os materiais que

foram devidamente misturados e homogeneizados em argamassadeira planetária com cuba metálica de 20 l, conforme especificações da norma brasileira. Logo pós a confecção da argamassa a mesma foi utilizada para a realização do teste de comportamento reológico, denominado de *squeeze flow*.

A reometria por *squeeze-flow* baseia-se na compressão de uma amostra cilíndrica entre placas paralelas, como observado na Figura 1. Similar ao que ocorre na reometria rotacional pode-se controlar de força ou deslocamento.



Figura 1 – Esquema do ensaio de reologia por *squeeze-flow* [9].

O ensaio consiste basicamente em aplicar a compressão da amostra no estado fresco através de uma placa superior, que agira por punção e de diâmetro igual ao inicial da amostra, sobre uma placa inferior com diâmetro pelo menos duas vezes maior, assim o material espalha-se pela placa inferior [6].

Após a confecção da argamassa, espalha-se a mesma sobre a placa inferior, totalmente limpa, juntamente com o molde onde se dá o nivelamento da massa com auxílio de espátula para propiciar um bom acabamento final, assim garantindo que a face superior toque perfeitamente a amostra. Após esse procedimento transporta-se a base para a máquina universal de ensaios, onde é acoplada. Procede-se pelo nivelamento do prato superior tocando a amostra, tomando cuidado para não iniciar a compactação da amostra, assim pode-se zerar a prensa e iniciar o ensaio. O ensaio é executado em duas velocidades de punção, em acordo com a norma, de 0,1 mm/s e 3,0 mm/s [6].

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das curvas geradas pela técnica de análise reológica avaliada, é possível descrever a faixa de consistência da argamassa avaliada, em suas diferentes proporções. Segundo estudos existem três níveis de faixas de comportamento, que são descritos na Figura 2, sendo a faixa III aquela em que o estágio de deformação plástica ocorre em cargas muito baixas, a transição para a fase de endurecimento por tensão, que é a faixa II, ocorre apenas em deslocamentos maiores [9].

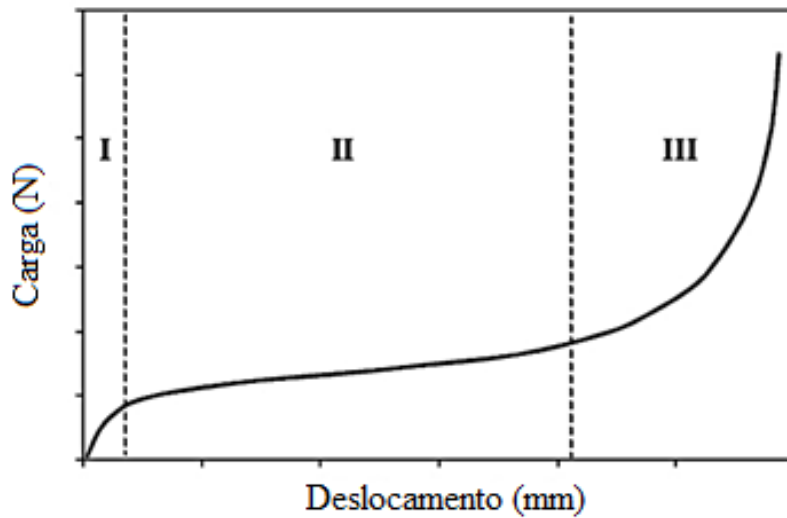


Figura 2 – Faixas de comportamento de deslocamento de argamassas em função da carga de punção [9].

Observa-se ainda que o baixo intervalo de consistência e a ausência do estágio podem impactar o uso e a aplicabilidade da argamassa. A Figura 3 mostra os resultados conferidos nas diferentes proporções de argamassas avaliadas, a uma velocidade de 0,1 mm/s.

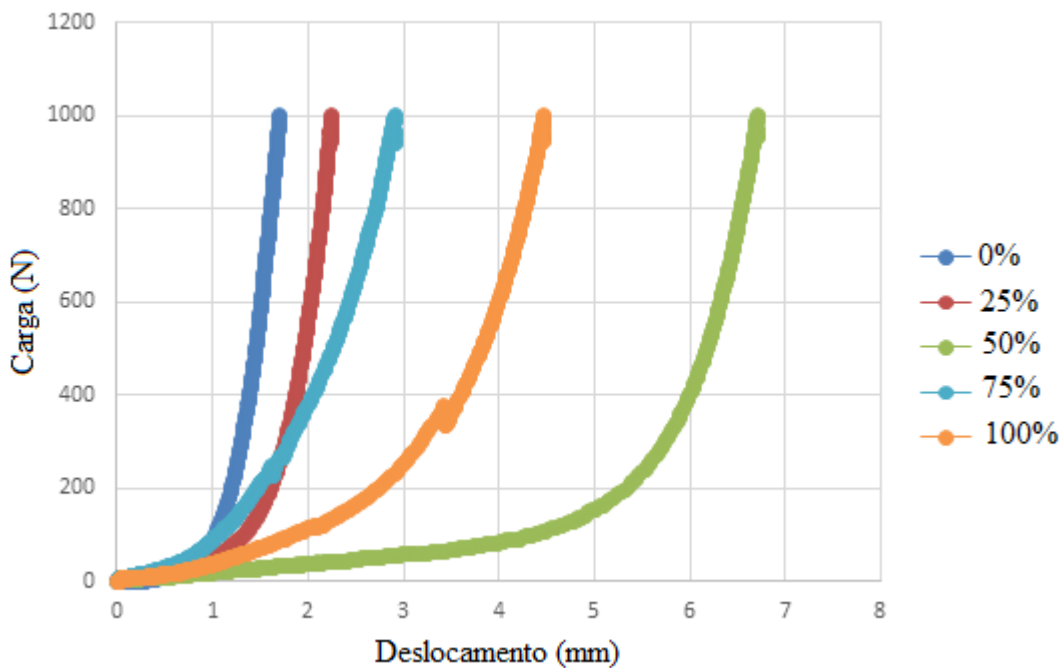


Figura 3 – Resultado da reometria por *squeeze-flow* para velocidade de 0,1 mm/s.

Observando a Figura 3, tem-se que a argamassa de referencia, denominado 0% apresentou deformação elástica (estágio I), no qual caracteriza o comportamento de um material sólido e o estágio III, no qual é necessário um aumento da força para as deformações serem constantes,

bem definidos. Porém obteve dificuldade no estágio II que apresenta a deformação plástica [10].

Já as argamassas com teores de incorporação (25, 50, 75 e 100%) apresentaram comportamento semelhante ao da argamassa de 0%, com maior dificuldade de escoamento, saindo do estágio inicial, direto para o enrijecimento por deformação. Isso se deve ao fato de apresentar elevado atrito entre os agregados e o resíduo de chamote. Entretanto consegue-se visualizar que o espalhamento aumenta para mesmos valores de cargas, isso deve-se ao aumento de área de contato, do resíduo e a pasta cimentícia, o que caracteriza reações mais bem desenvolvidas para o material, tornando-o mais fluido [11].

Em termos de aplicação o excesso de fluidez pode ser um problema, tornando inviáveis aplicações para fins tradicionais na construção civil. Estudos da literatura indicam que argamassas com deslocamentos acima de 5,0 mm podem ser inviáveis, o que ocorreu com o traço de 50% [12]. A Figura 4 mostra os resultados conferidos nas diferentes proporções de argamassas avaliadas, a uma velocidade de 3,0 mm/s.

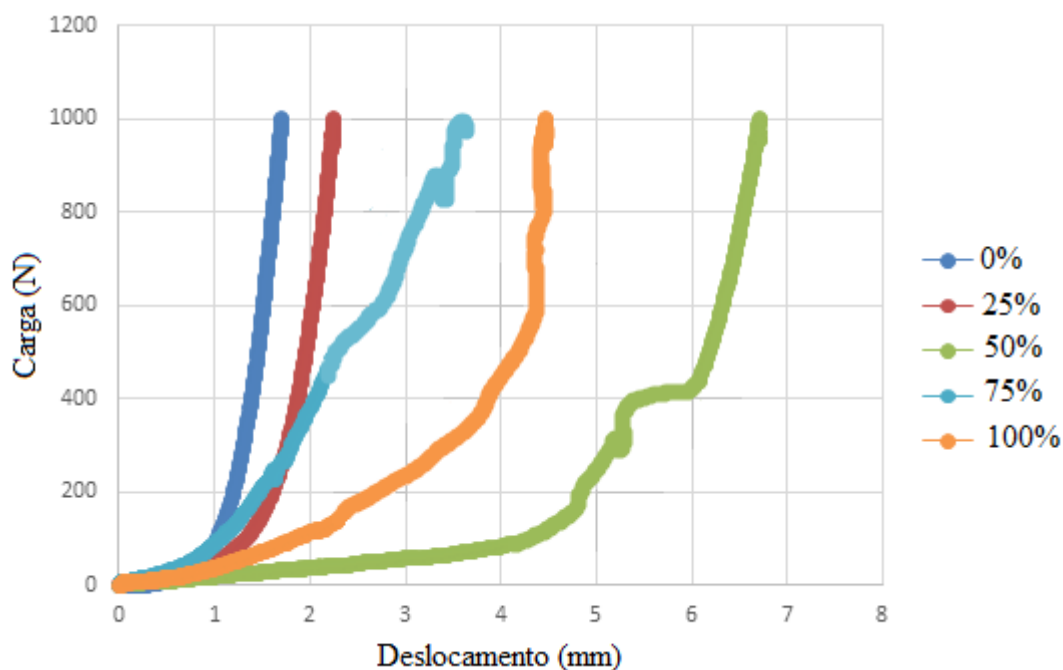


Figura 4 – Resultado da reometria por *squeeze-flow* para velocidade de 3,0 mm/s.

Observa-se na Figura 4 um comportamento similar ao da Figura 3 em termos de deslocamento, entretanto alguns pontos apresentaram uma maior dispersão dos resultados, o que resultou em deslocamentos gráficos, como observados nas proporções de 50, 75 e 100%. Esse fato é atribuído principalmente à elevada velocidade do ensaio, o que pode sugerir que

nesta configuração o comportamento é inadequado, sendo inviável para termos de análise [13].

## CONCLUSÕES

Pode-se concluir com esse trabalho que o resíduo da indústria de cerâmica vermelha, denominado de chamote, tem indicações positivas para aplicações na construção civil, quanto ao seu comportamento reológico. Entretanto em proporções muito elevadas de substituição, como 50, 75 e 100%, assim essa análise ainda é pouco conclusiva.

Quanto à avaliação da reologia em termos de ensaio de *squeeze-flow* velocidades muito elevadas indicam problemas de análise comparativo, indicando como viáveis análises de velocidades de 0,1 mm/s.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências de fomento, CNPQ, CAPES e FAPERJ pelo apoio financeiro a pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- [1] C.M.F. Vieira, J.N.F. Holanda, D.G. Pinatti. Caracterização de massa cerâmica vermelha utilizada na fabricação de tijolos na região de Campos dos Goytacazes – RJ. *Cerâmica* 46 (2000) 154 – 161.
- [2] F. P. Gouveia, R. M. Sposto. Incorporação de chamote em massa cerâmica para a produção de blocos. Um estudo das propriedades físico-mecânicas. *Cerâmica*, 55 (2009) 415-419.
- [3] A.C. Silva, M.P. Méxas, O.L.G. Quelhas. Restrictive factors in implementation of clean technologies in red ceramic industries. *Journal of Cleaner Production*, 168 (2017) 441-451.
- [4] A.R.G. Azevedo, J. Azevedo, G.C. Xavier, L.G. Pedroti. Recycling paper industry effluent sludge for use in mortars: A sustainability perspective. *Journal of Cleaner Production*, 192, (2018) 335-346.
- [5] M.T. Marvila, J. Alexandre, A.R.G. Azevedo, E.B. Zanelato, G.C. Xavier, S.N. Monteiro. Study on the replacement of the hydrated lime by kaolinitic clay in mortars. *Advances in Applied Ceramics*, 84 (2019) 1-8.

- [6] A.R.G. Azevedo, J. Azevedo, E.B. Zanelato, M.T. Marvila. Influence of incorporation of glass waste on the rheological properties of adhesive mortar. *Construction and Building Materials*, 148 (2017) 359 – 368.
- [7] A.R.G. Azevedo, B.R. França, J. Alexandre, M.T. Marvila, E.B. Zanelato, G.C. Xavier. Influence of sintering temperature of a ceramic substrate in mortar adhesion for civil construction. *Journal of Building Engineering*, 19 (2018) 342-348.
- [8] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10007, Amostragem de resíduos sólidos, Rio de Janeiro, RJ (2004).
- [9] F.A. Cardoso, V.M. John, R.G. Pileggi a, P.F.G. Banfill .Characterization of rendering mortars by squeeze-flow and rotational rheometry. *Cement and Concrete Research*. 2014. 79-87
- [10] Flávio L. Maranhão , Kai Loh b , Vanderley M. John. The influence of moisture on the deformability of cement–polymer adhesive mortar. *Construction and Building Materials*. 2011. 2948 - 2954.
- [11] CARDOSO, F.A; FUJII, A.L; PILEGGI, R.G; CHAOUICHE, M. Parallel-plate rotation rheometry of cement paste: Influence of the squeeze velocity during gap positioning. *Cement and Concrete Research*. 2015. p. 66 – 74.
- [12] ENGMANN, J; SERVAIS, C; BURBIDGE, A.S. Squeeze flow theory and application to rheometry: A review. *Journal of Non-Newtonian Fluids Mechanics* 2005. p. 1-27.
- [13] CAMPANELLA, O.H; PELEG, M. Squeezing flow viscosimetry of peanut butter. *Journal of Food Science* 1987, p. 180- 187.