

AVALIAÇÃO DE ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO INCORPORADAS COM CHAMOTE*

Afonso Rangel Garcez de Azevedo¹

Jonas Alexandre²

Markssuel Teixeira Marvila³

Euzébio Bernabé Zanelato⁴

Gustavo de Castro Xavier⁵

Sergio Neves Monteiro⁶

Resumo

O setor produtivo de cerâmica vermelha é altamente poluidor, gerando inúmeros resíduos em diversas etapas de seu processo de produção, um destes materiais gerados é denominado de chamote, sendo oriundo de sobras de artefatos cerâmicos após seu processo de queima. Esta pesquisa tem como propósito a avaliação de propriedades como consistência, teor de ar incorporado e retenção de água em argamassas de múltiplo uso, a base de cimento, areia e cal, com traço de 1:3 (cimento:areia) com incorporação do chamote proveniente do município de Campos dos Goytacazes, importante polo produtor deste produto no país. Os resultados mostraram que as argamassas incorporadas com o chamote apresentam desempenho no estado fresco satisfatório, atendendo aos principais requisitos da literatura além de apresentar significativa importância na redução do descarte deste resíduo no ambiente.

Palavras-chave: Cerâmica, chamote, argamassas.

EVALUATION OF FRESH STATE MORTARS INCORPORATED WITH CHAMOTE.

Abstract

The productive sector of red ceramics is highly polluting, generating numerous wastes in several stages of its production process, one of these materials is called chamote, coming from leftover ceramic artifacts after its burning process. The purpose of this research is to evaluate properties such as consistency, embedded air content and water retention in mortars, based on cement, sand and lime, with a trace of 1: 3 (cement: sand) incorporating chamote from the municipality of Campos of Goytacazes, an important producer of this product in the country. The results showed that the mortars incorporated with the chamote presented satisfactory performance in fresh state, meeting the main requirements of the literature, besides being of significant importance in reducing the disposal of this residue in the environment..

Keywords: Ceramics, chamotte, mortars.

¹ Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

² Engenheiro Civil, doutor em Ciências de Engenharia, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

³ Engenheiro Civil, mestre em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁴ Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

- ⁵ *Engenheiro Civil, doutor em Geotecnia, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁶ *Engenheiro Metalúrgico, PhD em Engenharia e Ciência dos Materiais, IME, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil foi uma das áreas que mais cresceu nos últimos anos devido a fortes incentivos governamentais, com inúmeros programas voltados especificamente para a habitação e a realização de grandes obras em prol do desenvolvimento do país, como a Copa do Mundo e Olimpíadas. Neste cenário de intenso crescimento nos deparamos com a problemática da geração de resíduos nas diversas etapas da construção civil, que em análise preliminar não possuem valor econômico e prejudicam o meio ambiente [1].

Um dos grandes dilemas relacionados aos resíduos sólidos refere-se a falta de locais apropriados para a sua deposição, além de problemas ambientais e de saneamento público nos municípios. Em virtude disso, buscam-se alternativas que tenham por finalidade reduzir os prejuízos causados pelo assunto em questão [1].

A utilização de resíduos nos diversos materiais de construção apresenta-se como uma opção bastante relevante e com grande potencial de minimização de impactos ambientais, diminuindo o volume de rejeitos a serem descartados, uma vez que o resíduo de um processo se torna insumo de outro. Outra vantagem dessa incorporação se refere ao custo da produção que é reduzido devido, por exemplo, à economia de energia e à diminuição de gastos com matéria-prima [2].

O município de Campos dos Goytacazes (Figura 1) é um dos maiores polos produtores de cerâmica vermelha do país e conseqüentemente é um dos maiores geradores de resíduos sólidos de cerâmica. Os rejeitos produzidos por essas indústrias, em sua maioria, não possuem destinação apropriada, fato que se torna um agravante para a região. Atualmente o município conta com mais de cem indústrias regularizadas e em funcionamento.

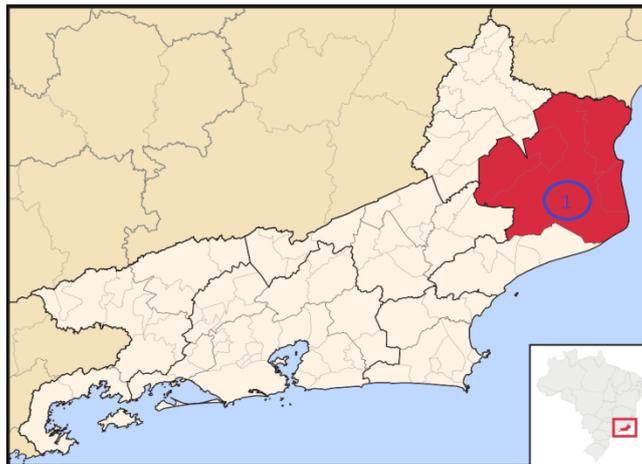


Figura 1: Mapa do município de Campos dos Goytacazes.

Outro ponto importante refere-se ao fato de que a incorporação de resíduos visando reduzir a quantidade de cimento para determinada finalidade possui o grande benefício de reduzir a emissão de gás carbônico (CO₂) na atmosfera. Este último é responsável por cerca de 7% da emissão anual, portanto qualquer redução nesse valor já pode ser interpretada como uma vantagem [2].

Neste contexto, o presente trabalho tem como principal objetivo avaliar a potencialidade de substituição de parte do cimento por resíduo cerâmico proveniente das indústrias de Campos dos Goytacazes na produção de argamassas, avaliando seu desempenho no estado fresco (trabalhabilidade, retenção de água e teor de ar incorporado). Todos os ensaios realizados seguiram as metodologias propostas de

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), possibilitando uma análise deste material.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção das argamassas foi utilizado, além dos produtos convencionais (cimento e areia), o resíduo de cerâmica moído, iremos discorrer sobre as principais características dos materiais utilizados nesta pesquisa.

O cimento utilizado foi o Cimento Portland tipo III, conhecido como CP II E 32, composto com adição de escória de alto forno, da marca “Votoran”. A escolha da marca deve-se ao fato desta ser a mais utilizada na região desta pesquisa.

Algumas de suas características físicas foram verificadas como, por exemplo, sua massa específica teórica e superfície específica Blaine, além disso foi realizada a caracterização química, através do processo de análise de espectroscopia por fluorescência de raios-X de energia dispersiva (EDX), em um equipamento Shimadzu EDX-700.

Quanto ao agregado miúdo utilizado, este foi adquirido no próprio município de Campos dos Goytacazes, proveniente do Rio Paraíba do Sul. Foram realizados ensaios para determinação do módulo de finura e massa específica deste agregado.

Já o resíduo empregado na pesquisa é proveniente das indústrias de cerâmica vermelha do município de Campos dos Goytacazes, coletados nos pátios de 6 fábricas distintas. Cada uma dessas indústrias utiliza uma temperatura de queima, estando todas na faixa de 500°C a 1000°C, possibilitando a uniformização das amostras. Essas temperaturas foram fornecidas pelos fabricantes e medidas no local com o auxílio de um Termopar para conferência.

Após a coleta, o material foi submetido a uma moagem em um moinho de bolas, onde foi fragmentado até que alcançasse o tamanho desejado, sem gastos exagerados de energia no processo, possibilitando assim sua homogeneização para uso.

Foi realizada nas amostras a análise de espectrometria por fluorescência de raios-X de energia dispersiva (EDX) para determinação de sua composição química, em um aparelho Shimadzu EDX-700. As amostras foram analisadas em pó, passando, anteriormente ao ensaio, por um processo de secagem em estufa a 110°C e por um peneiramento na malha ABNT 200.

Para a confecção das argamassas, foram obedecidas as especificações da ABNT 13276 (2005) – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência [5 e 6].

Foram preparadas quatro misturas diferentes, sendo a primeira uma argamassa convencional, utilizada como referência. As três últimas continham 10%, 15% e 20% da massa de cimento substituída por resíduo cerâmico. O traço utilizado foi de 1:3 (material cimentício: areia) e a relação água/aglomerante foi de 0,52.

Para a determinação da capacidade de retenção de água [3], as argamassas foram preparadas e colocadas num molde cilíndrico de dimensões pré-estabelecidas e com massa conhecida. Após a colocação, a superfície foi regularizada com o auxílio de uma espátula e foi verificada a massa do molde contendo argamassa.

Duas telas de gaze foram colocadas sobre sua superfície e doze discos de papel-filtro, de massa também conhecida, por cima foi adicionada uma placa metálica e um carregamento de 2 Kg, durante 2 minutos. Após esse procedimento, determinou-se a massa dos discos de papel-filtro contendo certa quantidade de

água retida. Feitos os devidos cálculos especificados em norma, a retenção de água foi determinada.

Já para a determinação do teor de ar incorporado [4] as argamassas foram preparadas e colocadas num recipiente cilíndrico de PVC de volume especificado em norma e massa conhecida. A mistura foi posta no molde segundo as determinações da ABNT 13278 (2005), e após a colocação o recipiente contendo argamassa foi pesado. A partir daí foram realizados os cálculos para a verificação da densidade de massa e posteriormente para a determinação do teor de ar incorporado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quanto a caracterização dos materiais temos o cimento utilizado apresentou uma massa específica teórica de $2,92 \text{ g/cm}^3$ e superfície específica Blaine de $342 \text{ m}^2/\text{Kg}$. Uma caracterização química (Tabela 1) também foi efetuada através do processo de análise de espectroscopia por fluorescência de raios-X de energia dispersiva (EDX), em um equipamento Shimadzu EDX-700. A tabela abaixo apresenta os resultados dessa análise.

Tabela 1. Constituição química do cimento.

Elementos	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SO ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	Outros
Quantidade(%)	70,19	17,06	6,01	3,27	1,78	0,76	0,43	0,41

Já o agregado miúdo utilizado apresentou módulo de finura de 3,23, massa específica aparente de $1,39 \text{ g/cm}^3$ e massa específica teórica de $2,65 \text{ g/cm}^3$, valores estes dentro do esperado na literatura para aplicação em materiais cimentícios.

Já a análise química EDX do resíduo estudado foi feita com 6 amostras cuja diferença entre elas estava na temperatura de queima. As temperaturas, como já foi dito, variavam de 500°C a 1000° , conforme demonstrado na Tabela 2

Tabela 2. Caracterização química do resíduo.

Óxidos(%)	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C	1000°C	Média
SiO ₂	46,20	45,91	45,83	46,29	57,15	47,20	48,15
Al ₂ O ₃	39,60	38,23	38,00	37,93	33,56	37,10	37,27
Fe ₂ O ₃	8,90	9,43	8,50	8,06	3,28	8,26	7,88
SO ₃	2,50	1,58	2,26	2,31	1,19	1,82	1,86
TiO ₂	1,70	1,62	1,74	1,65	1,26	1,52	1,71
K ₂ O	1,89	2,46	2,59	2,72	2,21	2,10	2,41
Outros	0,55	0,61	1,12	0,71	0,26	0,71	0,69

A capacidade de retenção de água nos diferentes traços avaliados são mostrados nas Figuras 2, 3 e 4 a seguir.

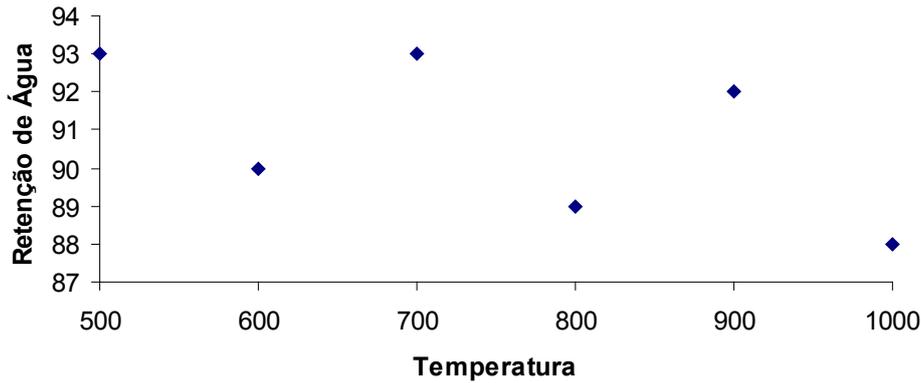


Figura 2. Gráfico da capacidade de retenção de água com 10% de substituição.

Apenas as argamassas com resíduos queimados nas temperaturas de 800°C e 1000°C não apresentaram retenção acima de 90%, sendo classificadas, portanto, como retenção normal. Enquanto as outras argamassas foram identificadas como retenção alta.

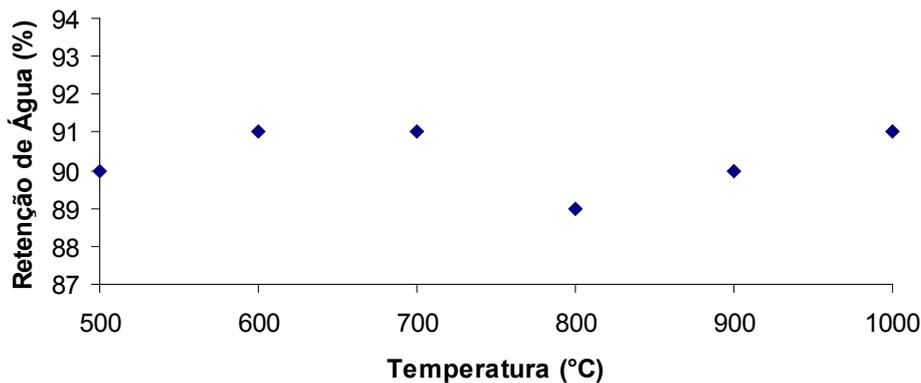


Figura 3. Gráfico da capacidade de retenção de água com 15% de substituição.

Com 15% de substituição os resultados foram muito próximos, apresentando pequeno desvio padrão.

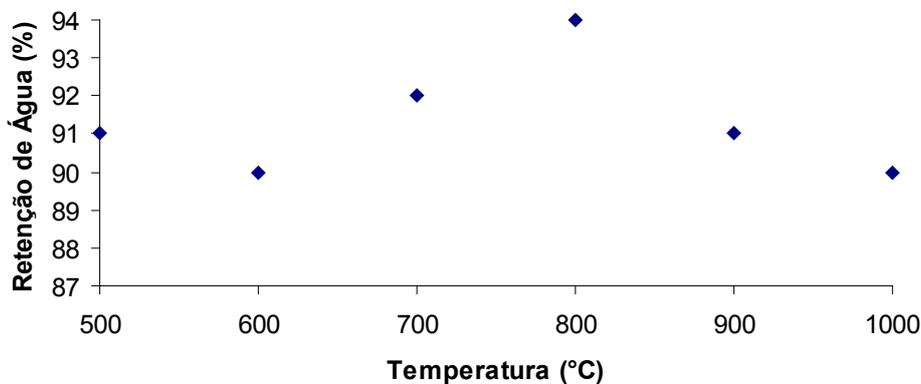


Figura 4. Gráfico da capacidade de retenção de água com 20% de substituição.

Nas figuras 2, 3 e 4 pode-se observar que todas as argamassas apresentaram altos valores de retenção de água devido a elevada porosidade ainda presente nos artefatos cerâmicos avaliados, o que pode gerar problemas aos materiais

cimentícios, sendo necessários complementações de ensaios para esta afirmação [7].

Já quanto ao teor de ar incorporado pode-se observar os resultados nas diferentes incorporações nas Figuras 5, 6 e 7.

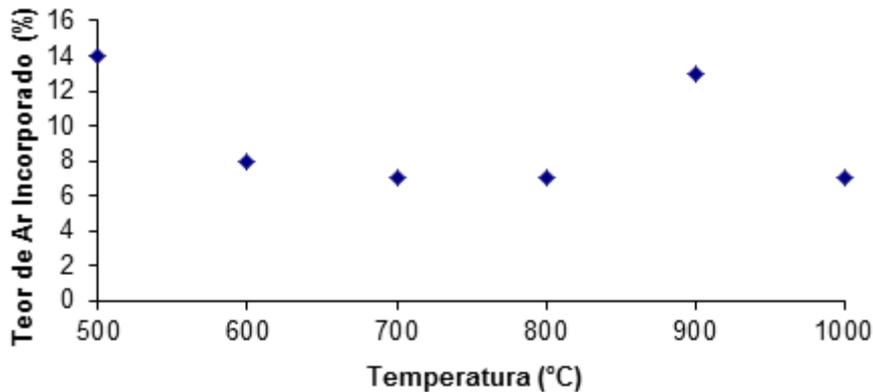


Figura 5. Gráfico do Teor de ar incorporado para 10% de substituição.

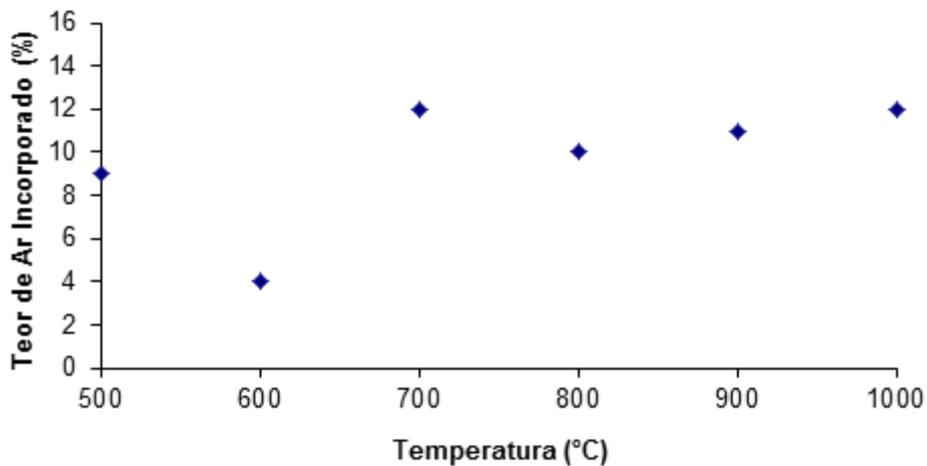


Figura 6. Gráfico do Teor de ar incorporado para 15% de substituição.

Devido ao grande desvio padrão apresentado pelos valores do gráfico acima, também não houve possibilidade de comparação [7]. As temperaturas de 500°C, 600°C e 800°C, mostraram resultados esperados, uma vez que o teor de ar incorporado foi menor nessas temperaturas devido ao melhor preenchimento de vazios pela incorporação do resíduo, porém os demais contrariaram esse conceito [8].

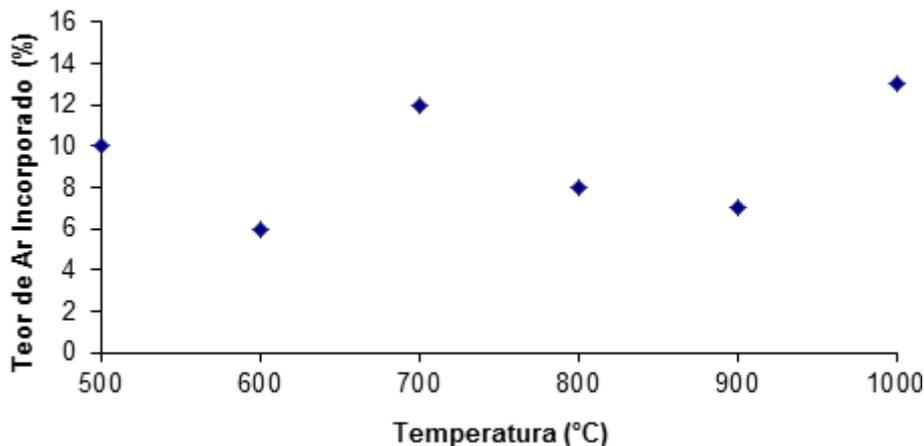


Figura 7. Gráfico do Teor de ar incorporado para 20% de substituição.

Apesar de os resultados apresentados serem destoantes, todas as argamassas confeccionadas estão dentro do padrão exigido por norma para esta propriedade que é de extrema importância para estes compósitos [9 e 10].

4 CONCLUSÃO

A análise química mostrou grande semelhança na composição das amostras, isso se deve ao fato de que os produtos cerâmicos fabricados nessa região utilizam o solo desta mesma região, portanto, com composições bem semelhantes.

Quanto à capacidade de retenção de água e ao teor de ar incorporado, valores elevados e baixos foram encontrados, respectivamente. Esse fato comprova que ao adicionar finos à mistura das argamassas, estas se tornam mais densas, o que beneficia sua durabilidade.

O melhor preenchimento dos vazios proporcionado pela incorporação do resíduo permitiu uma redução na porosidade e conseqüentemente na permeabilidade e tornou as argamassas mais plásticas e trabalháveis, fato observado durante a moldagem dos corpos de prova.

Desse modo, foi obtido sucesso na pesquisa, visto que misturas com 10% de substituição tiveram muitas de suas propriedades melhoradas, evitando o descarte desse resíduo no meio ambiente, reduzindo a emissão de CO₂ na atmosfera e diminuindo os custos de produção das argamassas, sendo assim está a proporção ideal de substituição em massa de cimento para as propriedades avaliadas nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

[1] AZEVEDO, A.R.G. **Avaliação da Incorporação do Lodo Primário da ETE da Indústria de Papel Reciclado na Produção de Argamassas**. Campos dos Goytacazes. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 2015.

[2] Aubert JE, Husson B, Sarramone N. **Utilization of Municipal Solid Waste Incineration (MSWI) Fly Ash in Blended Cement: Part 1: Processing and Characterization of MSWI Fly Ash**. J. Hazardous Mater., 136: 624-631, 2006.

- [3] ABNT - NBR 13277/2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água.
- [4] ABNT - NBR 13278/2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos- Teor de ar incorporado e densidade de massa.
- [5] ABNT - NBR 13279/2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.
- [6] ABNT - NBR 13276/2005 -Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.
- [7] ABNT - NBR 13281/2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos.
- [8] CORDEIRO, B. C. – Estudo da viabilidade técnica de incorporação de resíduos cerâmicos em argamassas, 2006. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.
- [9] TEBALDI, A. A. – Estudo de parâmetros tecnológicos para qualificação de argamassas projetadas, 2009. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.
- [10] MEHTA, P.K., MONTEIRO, P.J.M., “Concreto – Microestrutura, propriedades e materiais”, McGraw-Hill, 2006.