

## ESTUDO DA PORCENTAGEM ÓTIMA DE ADIÇÃO DE RESÍDUO DE PRODUÇÃO DE PAPEL EM ARGAMASSA

AZEVEDO, A. R. G.<sup>1\*</sup>; ALEXANDRE, J.<sup>1</sup>; XAVIER, G. C.<sup>1</sup>, FRANÇA, F. C. C.<sup>1</sup>,  
MONTEIRO, S. N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF  
Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes, RJ, 28013602

<sup>2</sup> Instituto Militar de Engenharia – IME  
Praça General Tibúrcio, 80 - Urca, Rio de Janeiro - RJ, 22290-270

\*afonso.garcez91@gmail.com

### RESUMO:

*Este trabalho tem como objetivo o estudo da melhor porcentagem para adição de resíduo de papel, oriundo da Cia Paduana de Papeis – COPAPA, em argamassas, conferindo uma aceitação quanto às normas brasileiras. Para isso foram confeccionados corpos de prova prismáticos (4 x 4 x 16 cm) com argamassa em traço 1:1:6 (cimento: cal: areia) fazendo a adição do resíduo na cal, em diferentes proporções (5, 10, 15 e 20%), foram realizados ensaios de consistência (estado fresco), moldagem dos corpos de prova, porosidade, resistência a flexão a três pontos e compressão simples (estado endurecido) para a avaliação e comparação dos valores obtidos com aqueles definidos pelas normas como os limites ideais. Foi verificado que a melhor porcentagem de adição de resíduo foi à substituição de 10% da cal pelo resíduo.*

Palavras-chave: Resíduo de Papel, Argamassa, Construção Civil.

### INTRODUÇÃO:

O setor industrial sempre gerou grandes quantidades de resíduos dos mais variados tipos e características. O grande volume de geração e sua variabilidade são considerados os principais entraves quanto à destinação adequada desses resíduos.

Os principais problemas relacionados aos resíduos são a falta de locais apropriados para a deposição dos mesmos, além de problemas ambientais e de saneamento público. Em virtude disso, buscam-se alternativas que tenham por finalidade reduzir os prejuízos causados pelo assunto em questão.

A incorporação de resíduos nos materiais de construção apresenta-se hoje 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.

Diante dessa problemática, estudos vêm sendo realizados com intuito de solucionar a questão dos resíduos industriais, associando o gerenciamento ambiental ao desenvolvimento industrial de forma a garantir uma produção sustentável e mitigar os impactos ambientais negativos.

A utilização de resíduos em concretos e argamassas é uma das alternativas que vem conseguindo resultados consistentes e significativos ao longo dos últimos anos, este estudo vem sendo desenvolvido por importantes centros de pesquisas no mundo.

O presente trabalho tem como objetivo o estudo da porcentagem ótima de incorporação de resíduos oriundos da indústria de papel na produção de argamassas. Este resíduo é originado na Companhia Paduana de Papeis – COPAPA, indústria localizada no município de Santo Antônio de Pádua (Figura 1), de onde é extraído na forma de lodo e levado para a Universidade Estadual do Norte Fluminense para o estudo. Foi adotado o traço 1:1:6 (cimento: cal: areia), realizando a incorporação do resíduo na cal em diferentes proporções (10 e 20%) além do traço de referencia, onde não há adição de resíduo. Foram analisados os seguintes ensaios: Consistência, porosidade, resistência a flexão em três pontos e compressão simples nos corpos de prova.



Figura 1: Localização geográfica do município de Santo Antônio de Pádua.

## MATERIAIS E MÉTODOS:

Para a realização deste trabalho foi utilizado uma amostra de lodo primário proveniente da fabricação de papel da Cia Paduana de Papeis - COPAPA, que foi coletada nas instalações da indústria (Figura 2.a). As amostras coletadas encontravam-se na forma de lodo sendo um resíduo com elevada umidade, posteriormente foram ensacadas e etiquetadas (Figura 2.b), para sua respectiva identificação, e enviadas ao Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Norte Fluminense (LECIV – UENF).



Figura 2.a: Local de disposição do resíduo na sede da COPAPA; Figura 2.b: Resíduo ensacado pronto para transporte.

Após o recebimento da amostra na universidade, uma parte foi deixada ao ar livre durante um período de 18 horas e em seguida colocada na estufa durante 24 horas com objetivo de deixar o material em condições de ser moído (Figura 3).



Figura 3: Resíduo seco após 24 horas na estufa em 110°C

Posteriormente a secagem do resíduo este foi dividida em duas partes, a primeira foi o objeto da caracterização física e química e a segunda foi preparada para ser incorporada na produção de argamassas e seus respectivos ensaios.

A outra parte do resíduo, usada na confecção dos corpos de prova, foi levada para o moinho de bolhas, após ter ficado 24 horas em estufa, já que somente material totalmente seco pode ser utilizado no respectivo equipamento, durante um período de uma hora para possibilitar seu uso e incorporação na confecção das argamassas (Figura 4).



Figura: Resíduo após moagem pronto para uso.

Após o processo de moagem do resíduo este se encontra pronto para incorporação na argamassa, sendo assim o resíduo e a areia são armazenados em estufa por um período de 24 horas para seu uso, desconsiderando assim possível umidade existente, para a confecção do traço. Foi utilizado cimento CII da Votoran

e a cal utilizada da marca Supercal, devido a sua grande disponibilidade e uso no mercado local.

O traço utilizado foi o 1:1:6 (cimento: cal: areia), realizando a incorporação do resíduo na cal em diferentes proporções (10 e 20%), além do traço de referência (com 0% de adição) este traço equivale a argamassa para uso em revestimentos. Para confecção dos corpos de prova, os componentes da argamassa passaram por um processo de homogeneização. Foram misturados na argamassadeira EMIC em movimento planetário (30" + 30" a mão+ 30" + 15' de descanso com proteção de pano úmido + 15").

Os ensaios realizados na argamassa se subdividem em estado fresco e no estado endurecido, no estado fresco foi determinado o índice de consistência, ensaio no qual objetiva-se a análise da trabalhabilidade do material através da mesa de abatimento ("flow table"), neste ensaio foi fixado um espalhamento de 26,30 cm em média (das três medidas ortogonais) sendo este um valor dentro dos limites impostos pela norma do ensaio. Já no estado endurecido foram realizados ensaios de ruptura a flexão em três pontos, resistência à compressão e porosidade, todos eles seguindo os procedimentos prescritos na norma vigente.

Foram confeccionados 30 corpos de prova com formatos prismáticos, de dimensões de 4 x 4 x 16 cm. Estes foram curados em temperatura ambiente. Os corpos de prova foram usados nos ensaios de tração e compressão em 7, 14 e 28 dias (Figura 5.a e 5.b).



Figura 5.a: Corpo de prova em cura, Figura 5.b: Corpo de prova em ensaio de resistência a compressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A Tabela 1 mostra os resultados da composição química do resíduo de papel. Observa-se que sua composição é predominantemente de CaO, SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. O CaO está associado a calcita. Já a sílica, SiO<sub>2</sub>, e a alumina, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, estão combinados formando a estrutura da caulinita. Os demais óxidos encontrados são possivelmente impurezas presentes no caulim e na calcita. A análise da composição química é importante mesmo que não seja parte integrante do presente trabalho devido à necessidade do conhecimento sobre a composição e comportamento dos mesmos.

Tabela 1 - Composição química do resíduo de papel (%)

Substância	Porcentagem (%)
SiO <sub>2</sub>	27,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,07
CaO	46,18
MgO	2,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,00
TiO <sub>2</sub>	0,68

A Tabela 2 mostra os valores encontrados de consistência para as diferentes incorporações de resíduo estudadas neste trabalho, vale ressaltar que admitiu-se uma margem de  $\pm 10 \text{ mm}$  no valor fixado de 26,30 cm, que encontra-se dentro dos valores estipulados pela norma.

Tabela 2 – Consistência das argamassas estudadas.

Teor de Incorporação	Consistência média (mm)
0 %	262,10
10 %	266,00
20 %	262,00

A Figura 6 mostra o gráfico da resistência a flexão em três pontos das argamassas nas suas diferentes incorporações (0, 10 e 20%) é nas diferentes idades de ruptura (7, 14 e 28 dias).

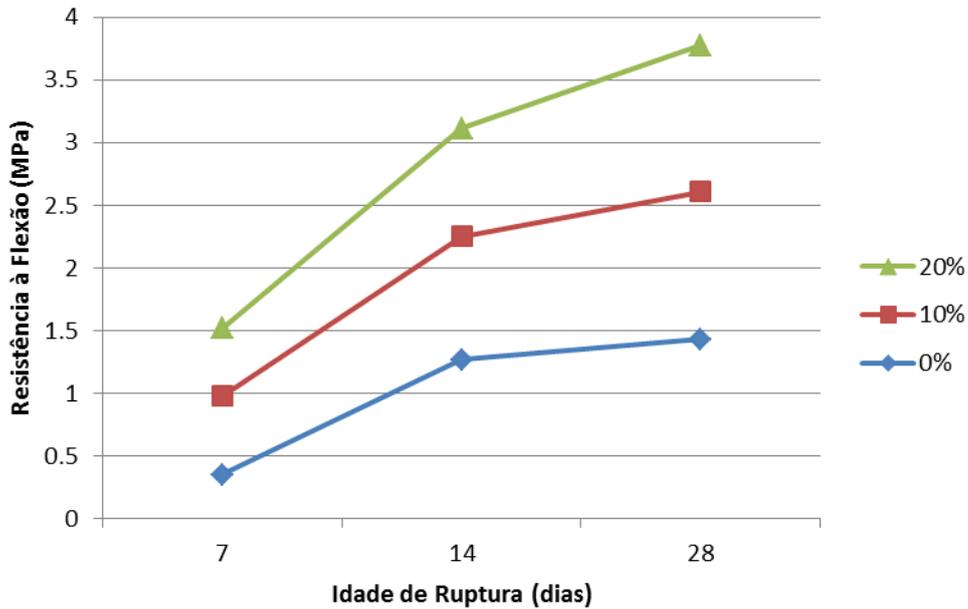


Figura 6: Tensão de Ruptura à Flexão em diferentes idades.

Já a Figura 7 mostra o gráfico da resistência a compressão das argamassas nas suas diferentes incorporações (0, 10 e 20%) é nas diferentes idades de ruptura (7, 14 e 28 dias).

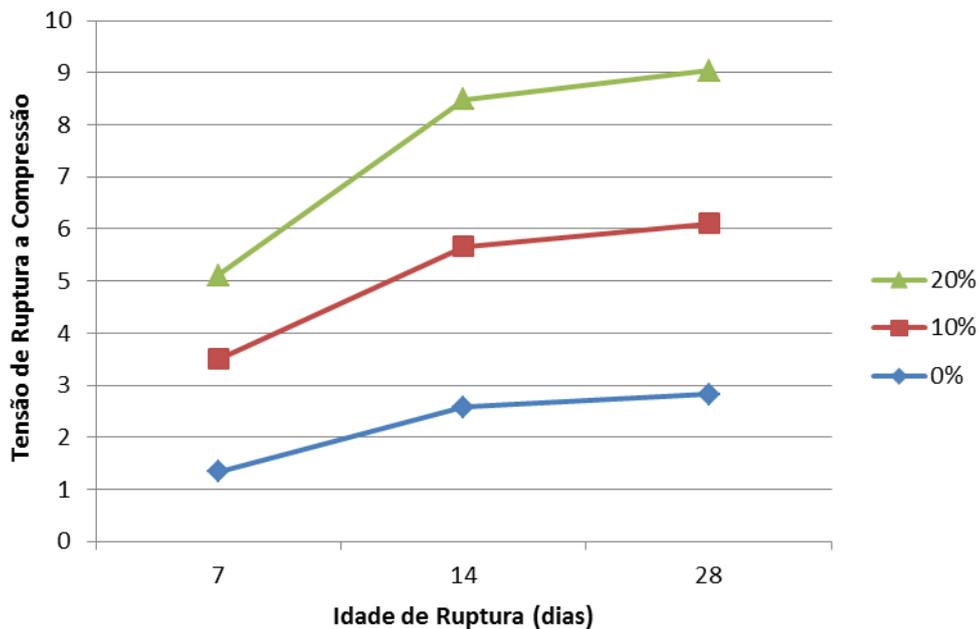


Figura 7: Tensão de Ruptura à Compressão.

## **CONCLUSÃO:**

Segundo os resultados mostrados neste trabalho pode-se observar que os parâmetros estudados (consistência, resistência a flexão em três pontos e compressão) estão dentro dos limites impostos pela norma vigente, podendo ser usados e aplicados, com o respectivo traço estudado, na construção civil.

Deve-se, entretanto observar a alta umidade do resíduo e sua alta variabilidade no fornecimento por parte da empresa, o que pode dar alterabilidade nos resultados encontrados. Deve-se prever o estudo de um número maior de incorporações para uma análise mais profunda.

Assim a matéria-prima avaliada através dos diversos ensaios mencionados neste trabalho mostrou-se apropriada para a fabricação de argamassas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

AGOPYAN, V.; SAVASTANO JR., H. Uso de materiais alternativos à base de fibras vegetais na construção civil: experiência brasileira. In: Seminário Iberoamericano de Materiais Fibrorreforzados, 1., Reunion Del Proyecto Pip VIII.5 Cytel, 3., 1997, Cali. Memorias... Cali: CYTED/Universidad Del Valle, 1997. P.23-40. (Artículo 03)

AITCIN, P.C. Concreto de Alto Desempenho. Tradução de Geraldo G. Serra. São Paulo/SP. Pini, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 1987. 3p.

\_\_\_ .NBR6156. Máquina de ensaio de tração e compressão. Rio de Janeiro, 1983.

\_\_\_ .NBR6465. Agregados – determinação de abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_ .NBR7215. Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro. 1996.

\_\_\_ .NBR 7217. Determinação da Composição Granulométrica dos Agregados. Rio de Janeiro, 1983.

\_\_\_ .NBR 7251. Determinação da Massa Unitária em Estado Solto. Rio de Janeiro, 1982.

\_\_\_ .NBR10007. Amostragem de resíduos. Rio de Janeiro, 1987.

BENTUR, A.; AKERS, S.A.S. The microstructures and ageing of cellulose fibre reinforced autoclaved cement composites. The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, v.11, n.2, 1989. P. 111-115.

CASTILHOS JR., A.B.; SOARES, S.R.; AMARAL, C.V. Solidificação/Estabilização de lodos galvânicos (metais cromo e zinco) em matrizes de cimento Portland. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001, João Pessoa. Anais, Rio de Janeiro, ABES, 2001.

CINCOTTO, M.A. Utilização de sub-produto e resíduos na indústria da construção civil. Tecnologia de Edificações. São Paulo/SP, Pini, 1988.

DEVITO, R.A.; SAVASTANO JR., H.; CUNHA, L. Matrizes à base de cimento reforçadas com celulose de eucalyptus grandis. Engenharia Agrícola, v.22, n.1, Jaboticabal, 2002. P.11-21

IPEF. Resíduos da indústria do papel podem ser reaproveitados na construção civil. Publicação do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais da Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Departamento de Ciências Florestais, Maio/Junho – 2000. P. 5.

## **ABSTRACT**

### **STUDY OF PERCENTAGE OF GREAT ADDITION OF WASTE PAPER PRODUCTION IN MORTAR**

*This work aims to study the best percentage for adding paper residue, arising from Cia Paduana of Papers - COPAPA in mortars, giving an acceptance as to the Brazilian standards. For this prismatic molds (4 x 4 x 16 cm) with mortar 1:1:6 dash (: lime: sand cement) were made making the addition of the lime residue in different proportions (5, 10, 15 and 20%), testing consistency (fresh), molding of the test specimens, porosity, flexural strength three points and simple compression*

*(hardened state) for the evaluation and comparison of the values obtained with those defined by the standards were performed as limits ideas. It has been found that the best percentage of residue was added to replace 10% of the lime residue.*

*Key Words: Waste Paper, Mortar, Building Construction.*