

## AValiação DO EFEITO DA INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO DA LAPIDAÇÃO DE VIDRO (RLV) NA DURABILIDADE DE ARGAMASSAS\*

Afonso Rangel Garcez de Azevedo<sup>1</sup>  
Markssuel Teixeira Marvila<sup>2</sup>  
Euzébio Barnabé Zanelato<sup>3</sup>  
Thuany Espirito Santo Lima<sup>4</sup>  
Jonas Alexandre<sup>5</sup>  
Victor Barbosa<sup>6</sup>  
Beatryz Cardoso Mendes<sup>7</sup>

### Resumo

A construção civil consome uma grande quantidade de matérias de diversos tipos e fontes de geração, isso faz com quem esse setor gere grandes quantidades de resíduos sólidos que devem ser adequadamente descartados, gerando custos ao processo. Os vidros são amplamente utilizados nas atividades da indústria da construção civil, e outros setores, e tem em seu processo de produção a geração de resíduos na etapa de lapidação do vidro, gerando o Resíduo da Lapidação de Vidro (RLV). O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da ação de ciclos de molhagem e secagem na durabilidade de argamassas para assentamento de blocos e revestimento, avaliando a perda de massa e resistência mecânica após três diferentes ciclos (30, 60 e 90 dias). Foram executados corpos de prova prismáticos, com argamassa no traço 1:1:6 (cimento: cal: areia) comparando a incorporação em níveis de 0, 5 e 10% do RLV em substituição a cal hidratada. Os resultados demonstraram que as argamassas incorporadas com 10% são as que apresentam melhores comportamentos frente aos ciclos de maior tempo, sendo as mais recomendadas para aplicação na construção civil.

**Palavras-chave:** Argamassa; Resíduo de Lapidação de Vidro; Durabilidade.

### CHARACTERIZATION OF ARGILOUS SOIL FROM THE MUNICIPALITY OF ITAPEMIRIM - ES

#### Abstract

Civil construction consumes a great quantity of materials of diverse types and sources of generation, this makes with whom this sector generates large amounts of solid waste that must be properly discarded, generating costs to the process. Glasses are widely used in the activities of the construction industry, and other sectors, and has in its production process the generation of waste in the lapidating stage of the glass, generating the Glass Sanding Residue (RLV). The objective of this work was to evaluate the effect of wetting and drying cycles on the durability of mortars for laying and coating, evaluating the loss of mass and mechanical resistance after three different cycles (30, 60 and 90 days). Prismatic specimens with 1: 1: 6 mortar (cement: lime: sand) were performed comparing the incorporation at levels of 0, 5 and 10% of RLV in replacement of hydrated lime. The results showed that the mortar incorporated with 10% is the better behavior against the cycles of greater time, being the most recommended for application in the civil construction..

**Keywords:** Mortar; Glass Waste; Durability.

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, TER, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro Civil, mestre em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

- <sup>3</sup> *Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>4</sup> *Engenheira Civil, mestre em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil*
- <sup>5</sup> *Engenheiro Civil, doutor em Ciências de Engenharia, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>6</sup> *Engenheiro Mecânico, doutorando em Engenharia Mecânica, FACRENTOR, Faculdade Redentor, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil*
- <sup>7</sup> *Engenheira Civil, doutoranda em Engenharia Civil, DEC, Departamento de Engenharia Civil, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil..*

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria de produção de vidros no Brasil vem se desenvolvendo ano após ano, apesar da recente crise que assolou o país. Números da Associação Brasileira de Vidro (ABRAVIDRO), indicam que no ano de 2017 foi de 54.742.378 m<sup>2</sup> de vidros, uma produção significativa e que emprega cerca de 27 mil colaboradores. Esses números positivos, em termos econômicos, traz a tona uma questão fundamental relacionada a geração de resíduos sólidos industriais (RSI), que devem ser adequadamente descartados e acondicionados segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) [1 e 2].

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituiu a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos, denominada de Logística Reversa, além da obrigatoriedade do fim dos lixões. Sabe-se que muitos avanços em termos do gerenciamento dos resíduos sólidos industriais, porém problemas com descarte ainda são elevados, principalmente devido ao não cumprimento da extinção dos lixões em todo o Brasil [3].

O grande desafio das indústrias de todo o país deve-se ao custo de descarte desses resíduos, o meio mais usual é a sua deposição em aterros sanitários o que além de não resolver o problema ambiental, pois é um simples acondicionamento, ainda tem custos significativos [4]. Diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas em termos de aplicações de resíduos sólidos industriais em materiais de construção civil, devido as suas características tecnológicas, entretanto a questão da durabilidade ainda é pouco explorada, principalmente devido à complexidade de desenvolvimento de metodologias de análises. [4 e 5]

Algumas pesquisas já avaliaram o comportamento do resíduo de lapidação de vidro (RLV) em substituição parcial e total do cimento e cal, em argamassas, para assentamento de blocos e revestimento e também do tipo colante, em geral essas pesquisas mostraram que esses resíduos apresentam grande potencialidade, principalmente devido a elevada concentração de sílica que ajuda no processo de hidratação [6]. Outras avaliações, como as reações álcali-agregado devem ser avaliadas, e trabalhos já demonstraram sua eficiência em matrizes cimentícias [7].

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da ação de ciclos de molhagem e secagem na durabilidade de argamassas para assentamento de blocos e revestimento, avaliando a perda de massa e a resistência mecânica após a execução de três diferentes ciclos (30, 60 e 90 dias), com argamassas no traço 1:1:6 (cimento: cal: areia) comparando a incorporação em níveis de 0, 5, 10 do RLV em substituição a cal hidratada.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Materiais:

Utilizou-se o resíduo de pó proveniente do processo de lapidação de vidros planos para a construção civil. A cal hidratada utilizada foi do tipo CHIII podendo conter até 13% de CO<sub>2</sub>, o cimento CPIII E 32 da marca Votoran. O agregado foi uma areia média lavada foi originada do rio Paraíba do Sul, atendendo aos requisitos para seu uso como agregado miúdo de argamassas e a água é a fornecida pela concessionária, atendendo aos padrões de potabilidade do CONAMA.

Para a aplicação neste estudo, o resíduo coletado em forma de lama foi seco e destorroado, o mesmo passou por um processo de destorroamento, pois após a

passagem pela prensa na ETE da indústria, o resíduo fica empedrado depois de seco. Foi necessário assim realizar primeiramente o destorroamento do resíduo com 2 moagens com duração de 1 hora cada uma, sendo utilizados em cada uma destas 4 kg de resíduo de vidro seco em estufa até massa constante a 100°C. No fim da moagem o resíduo foi peneirado, no primeiro momento [5].

Após esse procedimento verificou-se que os grãos apresentavam-se ainda com uma dimensão superior à desejada, optando-se então pelo processo de moagem utilizando o moinho de bolas para que após a moagem ficassem próximos a granulometria desejada.

## 2.2 Métodos:

Após o processo de beneficiamento do resíduo, este apresentou condições adequadas ao uso em argamassas. O traço utilizado foi de 1:1:6 tanto para a argamassa sem resíduo (cimento: cal: areia), tanto para as argamassas com resíduo (cimento: cal/resíduo: areia, para a argamassa com resíduo), a incorporação do resíduo de vidro deu-se na substituição a cal em diferentes proporções, conforme segue a seguir:

- 0R (com 0% de adição de resíduo e 100% de proporção de cal);
- 5R (com 5% de adição de resíduo e 95% de proporção de cal);
- 10R (com 10% de adição de resíduo e 90% de proporção de cal);

Para a produção de argamassas no estado fresco, Todas as argamassas produzidas seguiram a ABNT NBR 13276 (2005) [8] e ABNT NBR 13278 (2005) [9] para obtenção do índice de consistência e posterior moldagem dos corpos de prova prismáticos (4 x 4 x 16 cm).

Os ensaios de consistência foram realizados em argamassa no estado fresco de acordo com a ABNT NBR 13276 (2005) [8], que recomenda o índice de consistência (260 ± 5) mm. A quantidade de água a ser adicionada na dosagem foi àquela registrada na tentativa onde o índice foi alcançado através do espalhamento horizontal da argamassa em mesa de abatimento, após 30 quedas.

As argamassas para a realização dos ensaios no estado endurecido foram confeccionadas de acordo a ABNT NBR 13276 (2005) [8]. Após a confecção foram preparados os corpos de prova de acordo com a ABNT NBR 13279 (2005) [10], que descreve a aparelhagem necessária, os moldes prismáticos metálicos, formando três compartimentos quando montados, que servem de molde para três corpos-de-prova de 4 cm x 4 cm x 16 cm cada. Os moldes foram fixados sobre a mesa de consistência e é preenchido com duas camadas de altura aproximadamente iguais. A cada camada executada foram realizadas 30 quedas na mesa de consistência ("flowtable"). Em seguida, foi feito o rasamento da argamassa passando-se uma régua metálica de modo que a superfície ficasse plana, eliminado assim os excessos de argamassa nas bordas, este procedimento foi realizado com cuidado e pericia.

Os moldes foram colocados em local plano com temperatura controlada para cura ao ar. A desforma dos corpos-de-prova foi feita em tempo mínimo de 24 horas após serem moldados. Todos os ensaios no estado endurecido foram realizados para os diferentes traços após 28 dias de cura.

A avaliação da durabilidade foi realizada utilizando o conceito de ciclos de molhagem e secagem, metodologia que consiste na avaliação das condições tecnológicas, como a perda de massa e resistência mecânica, dos corpos de prova (6 em cada composição) ao longo 30, 60 e 90 dias, após o período de hidratação (após os 28 dias de moldagem), com a sua imersão em água a temperatura

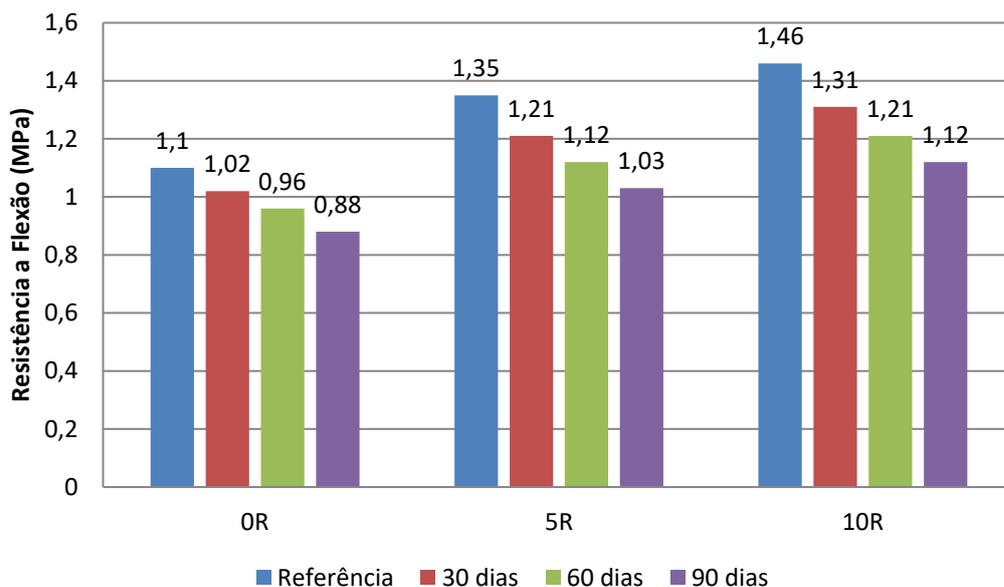
ambiente (23°C) por 11 horas e meia, exposição ao ar durante 30 min e secagem em estufa (110°C) por 11 horas e meia, totalizando um dia de ciclo. Após esse período foi verificada a perda de massa, correlacionado com casos de agressividade do meio de exposição dessas argamassas em condições reais de uso.

O ensaio de resistência à tração na flexão foi executado de acordo com a ABNT NBR 13279 (2005) [10]. Para a realização do ensaio foram utilizados os corpos-de-prova confeccionados, que foram posicionados nos dispositivos de apoio do equipamento de ensaio, de modo que a face rasada não esteja em contato com os dispositivos de apoio ou com os dispositivos de carga. Em seguida, foi aplicada uma carga de  $(50 \pm 10)$  N/s até a ruptura do corpo-de-prova.

O ensaio de resistência à compressão axial foi executado de acordo com a ABNT NBR 13279 (2005) [10]. Para a realização dos ensaios foram utilizadas as duas metades dos corpos-de-prova rompidos. Os corpos-de-prova devem ser posicionados de modo que a face rasada não fique em contato com o dispositivo de apoio ou com o dispositivo de carga. Aplicou-se uma carga de  $(500 \pm 50)$  N/s até a ruptura do corpo-de-prova.

### 2.3 Resultados e Discussões:

A Figura 1 a seguir representa o comportamento de resistência a flexão das argamassas avaliadas após os ciclos.

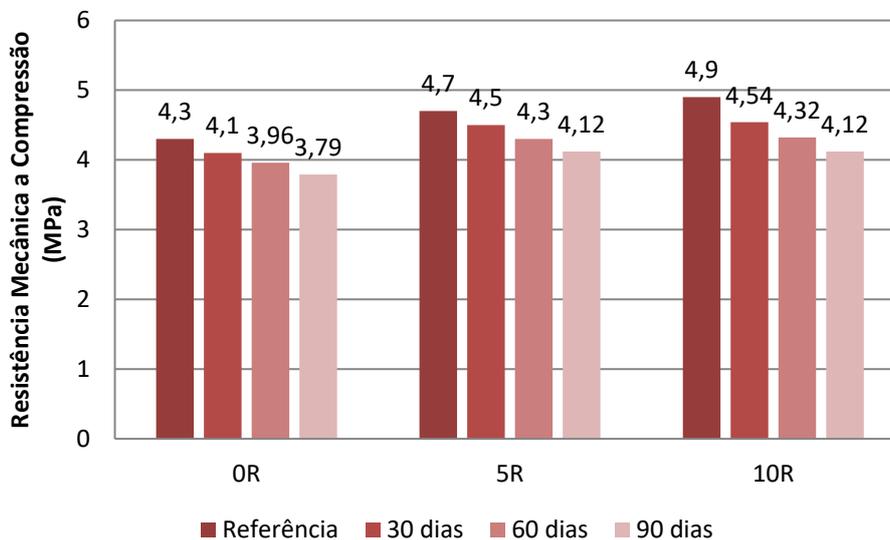


**Figura 1.** Resultado da resistência mecânica a flexão após os ciclos, em MPa.

Observa-se na Figura 1 que incorporação do resíduo de lapidação de vidro provocou um aumento da resistência mecânica a flexão em todos os ciclos avaliados, mesmo que ocorrendo a redução em termos de ciclos. O aumento da resistência mecânica proporcional ao aumento da substituição da cal pelo resíduo tem referência a características de pozolanicidade do material, já avaliada em outros estudos, que em reação com os demais compostos da argamassa provoca ganho de resistência após o período de hidratação, sendo benéfico para aplicações na construção civil [3, 4 e 5].

Já a ocorrência dos ciclos, a medida que avalia-se a influência dos dias de imersão e secagem há uma fragilização dos materiais do composto, provocando

uma desintegração visual, além de afetar condições microestruturais, o que acarretou em redução de resistência mecânica, entretanto todos os traços avaliados encontraram valores dentro dos aceitáveis para aplicações na construção civil. A Figura 2 a seguir representa o comportamento de resistência a compressão das argamassas avaliadas após os ciclos [5].



**Figura 2.** Avanço da resistência mecânica a compressão após os ciclos, em MPa.

O comportamento observado na Figura 2 mostra bastante similaridade em relação ao exposto na Figura 2, isso se deve a condição morfológica do resíduo que dentro da matriz se comporta mantendo a compacidade interna, garantindo assim uma resistência mecânica aceitável. As reações que ocorrem entre o resíduo e a pasta (água + aglomerante) provocam o surgimento de uma camada interna aos poros que colabora com a questão da resistência, primordialmente na questão do comportamento mecânica a compressão [7].

Argamassas expostas aos 90 dias de ciclos obtiveram uma significativa perda proporcional aos valores de referencia, isso pode ser um problema a sua aplicação ao longo prazo, porém isso pode ser explicado quando comparado aos resultados de perda de massa, observados na Tabela 1 a seguir [5].

**Tabela 1.** Perda de massa dos corpos de prova após os ciclos, em %.

Traço	30 dias	60 dias	90 dias
OR	0,40	1,54	2,34
5R	0,20	1,23	2,12
10R	0,27	1,32	2,02

Na Tabela 1 podemos observar que todas as argamassas sofrem com a perda de massa ao avançar dos dias de exposição ao ciclo, isso deve-se ao estado de consolidação e agressividade em que os poros internos são submetidos, esse processo de enchimento e esvaziamento dos poros da argamassa provoca um enfraquecimento da ligação dos compostos, que ocasiona a perda de massa, que vai se desintegrando ao ar ou mesmo dentro da água, quando imerso. Os valores encontrados, entretanto estão dentro dos aceitáveis pela literatura sobre o tema, e

não houve alteração significativa quando incorporado o resíduo da lapidação do vidro [7].

### 3 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que:

- O uso do resíduo da lapidação de vidro (RLV) em materiais de construção, como argamassas, é vantajoso do ponto de vista tecnológico e reduz o descarte desse material em aterros sanitários, colaborando para a eficiência do processo e atingimento das metas da PNRS;
- As argamassas incorporadas com resíduo da lapidação de vidro (RLV) obtiveram em todos os níveis de incorporação estudados valores dentro do esperado e limitado pelos estudos que visam a sua utilização na construção civil;
- O efeito das imersões em ciclos de molhagem e secagem para a perda de massa, propriedade importante para a integridade dos revestimentos, é pouco significativa, quando comparado aos traços de referencia, sendo que o resíduo da lapidação de vidro (RLV) não desempenha comportamento nessa avaliação;
- Assim, opta-se pela incorporação a níveis de 10%, visto que nessa porcentagem obteremos um máximo destino possível, otimizando o processo de descarte. Deve-se entretanto outras pesquisas avaliar proporções maiores e sua influência na durabilidade desses compósitos.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPERJ, CNPq e CAPES pela ajuda e suporte financeiro a execução desta pesquisa.

### REFERÊNCIAS

- 1 Fedler, C.B., Duan, R., 2011. Biomass production for bioenergy using recycled wastewater in a natural waste treatment system. *Resources, Conservation and Recycling*. 55 (8), 793-800.
- 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 Cyr M, Aubert JE, Husson B, Clastres P. Recycling Waste in Cement Based Materials: a Studying Methodology. In: *RILEM Proceedings of the Conference on the Use of Recycled Materials in Building and Structures*, Barcelona, Spain, pp. 306-315, 2004.
- 4 Azevedo, A.R.G., Alexandre, J., Xavier, G.C., Pedroti, L.G., 2018. Recycling paper industry effluent sludge for use in mortars: A sustainability perspective. *Journal of Cleaner Production*. 192, 335-346.
- 5 Azevedo, A.R.G., Alexandre, J., Zanelato, E.B., Marvila, M.T., 2017. Influence of incorporation of glass waste on the rheological properties of adhesive mortar. *Construction and Building Materials*. 148, 359-368
- 6 TOPÇU, I.; CANBAZ, M. Properties of concrete containing waste glass. *Cement and Concrete Research*, v. 34, 2004. p. 267-274.

- 7 SALOMÃO, M. C. F. et al. Study of the use of glass residue adhesive mortar. Brazilian Symposium on Technology from Mortars, Salvador, p. 420-431 1997. (In Portuguese)
- 8 ABNT - NBR 13276/2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro.
- 9 Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 13278/2005. Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado. Rio de Janeiro
- 10 ABNT - NBR 13279/2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão..