

EFEITO DA EXPOSIÇÃO A AMBIENTE SALINO DE ARGAMASSA INCORPORADA COM O RESÍDUO DA LAPIDAÇÃO DE VIDRO (RLV) *

*Afonso Rangel Garcez de Azevedo¹
Markssuel Teixeira Marvila²
Euzébio Barnabé Zanelato³
Thuany Espirito Santo Lima⁴
Jonas Alexandre⁵
Gustavo de Castro Xavier⁶
Leonardo Gonçalves Pedroti⁷*

Resumo

O Brasil é um país de dimensões continentais e por isso mesmo tem uma grande variabilidade de seu território, constando de variações climáticas e morfológicas. Grande parcela da população brasileira vive em cidades litorâneas, onde suas respectivas edificações ficam extremamente sujeitas à ação de nevoa salina, que pode ser prejudicial aos revestimentos de fachadas. Por outro lado à indústria de produção de vidros gera grandes quantidades de resíduos na etapa de lapidação, Resíduo da Lapidação do Vidro (RLV). O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da exposição ao ambiente salino na durabilidade de argamassas para assentamento de blocos e revestimento de paredes e tetos que utilizem o RLV em substituição parcial da cal, avaliando a perda de massa, resistência mecânica e aderência após imersão em ciclos de nevoa salina. 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 5% são as que apresentam melhores comportamentos frente à exposição ao ambiente salino, sendo as mais recomendadas para aplicação na construção civil..

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

EFFECT OF EXPOSURE TO THE SALT SPRAY OF MORTAR INCORPORATED WITH THE GLASS LAPIDATION WASTE (GLW)

Abstract

Brazil is a country of continental dimensions and therefore has a great variability of its territory, consisting of climatic and morphological variations. A large part of the Brazilian population lives in coastal cities, where their buildings are extremely subject to the action of saline mist, which can be detrimental to the facade cladding. On the other hand, the glass production industry generates large amounts of waste in the lapidation stage, the Glass Sanding Waste (GSW). The objective of this work is to evaluate the effect of exposure to the saline environment on the durability of mortars for block laying and coating of walls and ceilings using RLV in partial replacement of lime, evaluating the loss of mass, mechanical resistance and adhesion after immersion in cycles of saline fog. Prismatic specimens with 1: 1: 6 mortar (cement: lime: sand) were performed comparing the incorporation at 0, 5 and 10% levels of RLV in replacement of hydrated lime. The results showed that the incorporated mortars with 5% are the ones that present better behavior against exposure to the saline environment, being the most recommended for application in civil construction.

Keywords: Mortar; Glass Waste; Durability.

- ¹ *Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, TER, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil.*
- ² *Engenheiro Civil, mestre em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil*
- ³ *Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁴ *Engenheira Civil, mestre em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil*
- ⁵ *Engenheiro Civil, doutor em Ciências de Engenharia, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁶ *Engenheiro Civil, doutor em Ciências de Engenharia, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁷ *Engenheiro Civil, doutor em Engenharia e Ciências dos Materiais, DEC, Departamento de Engenharia Civil, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil..*

1 INTRODUÇÃO

O processo de formação urbana brasileiro tem uma série de contrastes que devem ser explorados, o país pelas suas características de grandes dimensões territoriais apresenta-se altamente heterogêneo em termos de processo formativo. A aglomeração de núcleos urbanos na faixa litorânea, é um legado do processo de ocupação portuguesa que até hoje reflete na nossa sociedade [1].

Grande parcela da população vive hoje na faixa litorânea e as construções de edificações nas faixas mais próximas ao mar são altamente valorizadas pelo mercado imobiliário, refletindo em grandes construções. Entretanto, como se sabe, o efeito do ambiente salino nas edificações é altamente danoso, sejam as estruturas ou o próprio revestimento sofrem significativos impactos [2].

Em particular, nas regiões litorâneas a agressividade do ambiente é muito grande e o concreto pode experimentar problemas que diminuem sua durabilidade e vida útil. Dessa forma, a garantia da durabilidade de uma estrutura de concreto de uma determinada edificação somente será atingida se certas premissas ligadas às características do concreto, do projeto e execução e interação com o meio ambiente forem cumpridas [3].

Além do próprio concreto as argamassas, por terem o cimento e demais aglomerantes em sua constituição, também sofrem com a exposição acentuada a esses ambientes, e por isso devem sempre ser avaliadas sob essa ótica.

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) apresentam-se como um conjunto de materiais altamente heterogêneos que podem variar de tamanho e potencial de biodegradação tornando extremamente importante uma caracterização adequada do mesmo. Dentre os diversos materiais que constituem os RSU podemos destacar o vidro como um dos mais abundantes e adequados à substituição em matrizes cimentícias, devido às suas características físicas e composição química [4 e 5].

Segundo dados da U.S. Environmental Protection Agency de 2015 mostram que apesar da elevada produção de resíduo de vidro seu percentual de reciclagem é muito baixo, chegando a 34,0 % do total produzido [6]. Durante o processo de lapidação, etapa pertencente à fabricação de artefatos de vidro, obtém-se um resíduo que é basicamente um pó, que diferentemente dos cacos este não pode ser reciclado da maneira convencional, pois pode acarretar no aparecimento de bolhas após seu reaproveitamento. O processo de produção do vidro pode ser observado na Figura 1 a seguir [7].

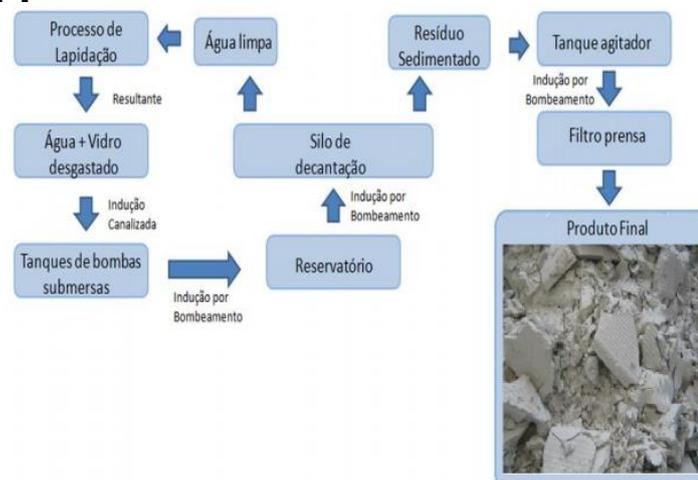


Figura 1. Processo de produção de vidro e seu resíduo.
Fonte: Adaptado ANTÔNIO, 2011

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da exposição ao ambiente salino na durabilidade de argamassas para assentamento de blocos e revestimento de paredes e tetos que utilizem o RLV em substituição parcial da cal (0, 5 a 10%), avaliando a perda de massa, resistência mecânica e aderência após imersão em ciclos de nevoa salina.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais:

Utilizou-se o resíduo de pó proveniente do processo de lapidação de vidros planos para a construção civil, denominado no trabalho de resíduo de lapidação de vidro (RLV). A cal hidratada utilizada foi do tipo CHIII podendo conter até 13% de CO₂, o cimento CPIII E 32 da marca Votoran.

O agregado miúdo utilizado foi a areia média do Rio Paraíba do Sul, localizado no município de Campos dos Goytacazes RJ, e que atende aos requisitos para seu uso como agregado em argamassas. Já a água foi fornecida pela concessionária local, atendendo aos padrões de potabilidade do CONAMA.

O RLV foi coletado em forma de lama e foi seco e destorroado, passando por um processo de destorroamento, pois após a passagem pela prensa na ETE da indústria, o resíduo ficou 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, que passou a apresentar condições adequadas para o seu uso em argamassas, procedeu-se com a confecção das argamassas. O traço utilizado nesta pesquisa foi de 1:1:6 tanto para a argamassa de referência, sem resíduo (cimento: cal: areia), tanto para as argamassas com incorporação do resíduo (cimento: cal/resíduo: areia, para a argamassa com resíduo), a incorporação do RLV deu-se na substituição a cal em diferentes proporções, conforme Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Traços de argamassas desta pesquisa, proporcionais a massa.

Nomenclatura	Cimento	Cal	RLV	Areia
0R	1	1	-	6
5R	1	0,95	0,05	6
10R	1	0,90	0,10	6

Para a produção das argamassas foram utilizadas as normas da ABNT NBR 13276 (2005) [8] e ABNT NBR 13278 (2005) [9] para a determinação do índice de consistência, encontrando a quantidade de água em cada traço avaliado,

possibilitando a 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 de exposição a nevoa salina 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 corpos de prova 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 simulação do processo de degradação dos corpos de prova de argamassa foi realizada pela câmara de pulverização de sal, denominado equipamento de névoa salina (Figura 2). A câmara de ensaio simula as condições encontradas pelo mar e ambientes próximos, através da nebulização de soluções de cloreto de sódio, porém, com concentração de 5% a 35°C + 2°C, pH da solução entre 6,5 e 7,2 e umidade relativa de aproximadamente 97%.



Figura 2. Equipamento de névoa salina.

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 ± 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 ± 50) N/s até a ruptura do corpo-de-prova.

2.3 Resultados e Discussões:

A Figura 3 a seguir representa o comportamento de resistência à flexão das argamassas avaliadas após a sua exposição ao ambiente salino laboratorial.

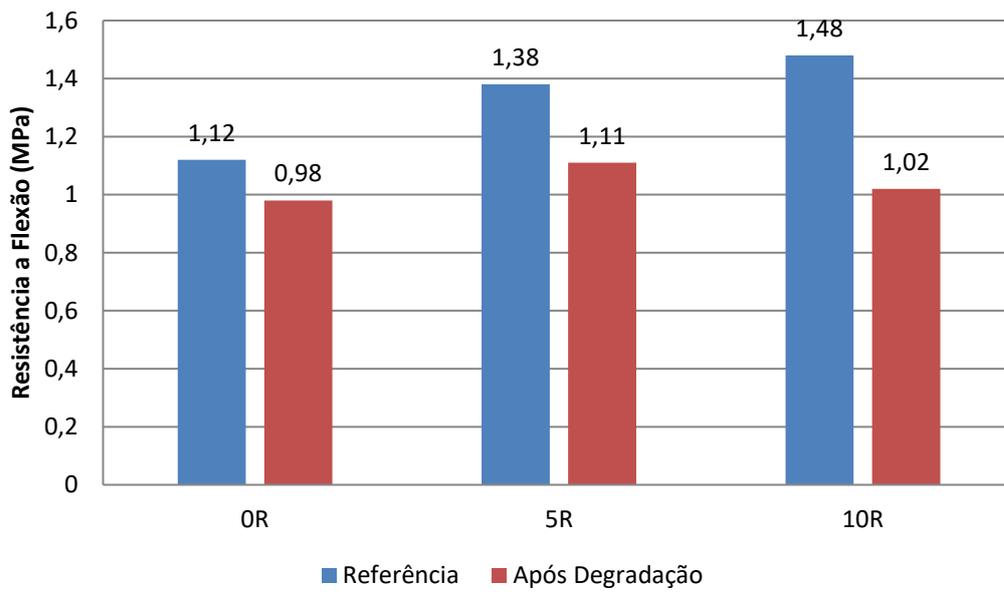


Figura 3. Resultado da resistência mecânica a flexão após os ciclos, em MPa.

Observa-se na Figura 3 que as argamassas de referência, ou seja, que não foram submetidas à exposição ao ambiente salino, apresenta um acréscimo de resistência mecânica à flexão, corroborando para outros trabalhos já publicados na área. Quando os corpos de prova foram submetidos à exposição do ambiente salino laboratorial observa-se que a resistência à flexão média das argamassas caiu, principalmente no traço de 10% de substituição, onde a redução foi da ordem de 31% [4].

Essa redução deve-se ao processo reativo que o RLV em conjunto com afrente de exposição salina desenvolveu no compósito, provocando dificuldades no processo de consolidação da argamassa. A Figura 4 a seguir representa o comportamento de resistência à compressão das argamassas avaliadas após a sua exposição ao ambiente salino laboratorial [5].

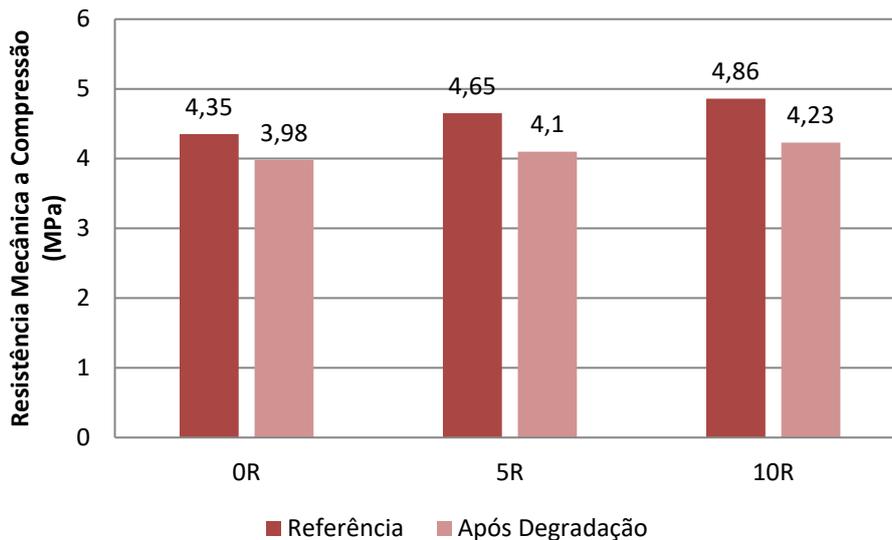


Figura 4. Avanço da resistência mecânica a compressão após os ciclos, em MPa.

O comportamento observado na Figura 4 mostra bastante similaridade em relação ao expresso na Figura 3, porém aqui a redução da resistência à compressão dos traços 5R e 10R é similar, na ordem de 11,82% e 12,96% respectivamente, essa redução em termos do observado no comportamento a flexão pode ser um indicativo que os poros internos nessa condição já desenvolveram mecanismos de tamponamento interno que proporcionaram uma maior consolidação [6].

Ambos os comportamentos mecânicos, a flexão e compressão, atendem para os traços de 5% de incorporação níveis aceitáveis para uso em fachadas de ambientes litorâneos, se comparados à literatura do tema. Na Tabela 2 a seguir é representada a perda de massa dos corpos de prova após o ensaio de degradação laboratorial [3].

Tabela 2. Perda de massa dos corpos de prova após os ciclos, em %.

Traço	Após Exposição à Névoa Salina
0R	0,45
5R	0,45
10R	0,67

Na Tabela 2 podemos observar que todas as argamassas avaliadas apresentaram uma perda de massa dentro do proposto na literatura, entretanto as de 10% apresentaram um maior grau de desintegração superficial, o que pode indicar problemas patológicos futuros a estrutura, inclusive em edificações com uso de pastilhas externas.

3 CONCLUSÃO

Pode-se concluir com este trabalho que o uso do RLV em substituição a cal em argamassas para revestimento de paredes e tetos apresenta potencialidade em função da exposição a ambientes salinos, porém níveis elevados de incorporação,

como de 10% podem ser problemáticos, quanto à perda de massa, o que afetará de sobremaneira a qualidade do revestimento e sua integridade final.

Sendo assim, recomendam-se para esses ambientes substituições de até 5% do RLV em cal para a produção de argamassas.

Agradecimentos

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

REFERÊNCIAS

- 1 Kiang Hwee Tan (2011)- Use of waste glass as sand in mortar: Part I – Fresh, mechanical and durability properties - Cement & Concrete Composites
- 2 Santos, D.P. ; Azevedo, A.R.G ; Hespanhol, R.L. ; ALEXANDRE, J. . Characterization of Incorporation The Glass Waste in Adhesive Mortar. Characterization of Minerals, Metals, and Materials 2016. 1ed.: John Wiley & Sons, Inc., 2016, v. , p. 539545.
- 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..