

Resíduo da lapidação do vidro: Caracterização do resíduo e efeito da incorporação do resíduo sobre a resistência mecânica de uma argamassa.

Glass lapping residue: Characterization of the residue and effect of the incorporation of the residue on the mortar's mechanical strength.

Heloisa Regina Turatti Silva, Dr, UNISUL.
helofloripa2004@yahoo.com.br

William Rafael Stegall dos Santos, UNISUL
williamstegall@hotmail.com

Adrielli Aparecida Westerlon, UNISUL
adrielliwesterlon@hotmail.com

Paola Egert, Dr, UNISUL.
paola.egert.ortiz@gmail.com

Jasper José Zanco, Dr, UNISUL
jjzanco@gmail.com

Resumo

O vidro é um material considerado 100% reciclável, pois este material pode voltar ao processo de produção de vidro. Entretanto, em relação ao uso de cacos externos de origens diversas, em função da logística na coleta e limpeza dos resíduos, em torno de 60% do resíduo de vidro é descartado em aterros. Este índice é ainda mais grave quando se fala em resíduos gerados na furação e lapidação de vidro, pois em função da contaminação por lubrificantes, floculantes e poeira, acaba não podendo ser reutilizada no processo de reciclagem do vidro, sendo destinada integralmente à aterros sanitários. Esta pesquisa tem como foco a reutilização deste resíduo, incorporada a uma argamassa, avaliando o comportamento mecânico do novo material. Os resultados indicaram que o uso do resíduo de vidro, apesar da presença de contaminantes, têm se mostrado positivos quanto a conferir propriedades mecânicas interessantes a argamassa, indicando potencial destinação sustentável às argamassas.

Palavras-chave: Vidro; argamassa; reaproveitamento

Abstract

Glass is a 100% recyclable material, because it can back to its production process. However in relation to the use of broken glass of diverse origins, due to the logistics in the collection and cleaning of the residues, about 60% of then it's discarded in landfills. This index is still more serious when talking about residues generated by the drilling and lapping, because of the contamination of lubricants, flocculants and dust, can't be reused in the process of recycling of the glass, being destined fully to landfills. This research focus at the reuse of the residue incorporated to a mortar, valuing the mechanic behavior of the new material. The results indicated that the use of the residue, even tough the existence of contaminants, being shown positive about conferring interesting mechanical properties to the mortar, indicating a potencial sustentable destination to mortars.

Keywords: *Glass; mortar; reuse*

1. Introdução

Um dos principais problemas que afeta a qualidade de vida, nos grandes centros urbanos, é o volume de resíduos gerado diariamente. Aspectos técnicos e operacionais envolvidos nessa questão são bastante conhecidos e estão relacionados à quantidade e à diversidade dos materiais descartados pela sociedade. Atualmente, os resíduos sólidos constituem um dos maiores problemas para as empresas e administrações públicas, visto que seu gerenciamento adequado acarreta custos elevados. Nas grandes cidades, o problema é ainda mais grave devido à quantidade de resíduos gerados e à falta de áreas adequadas, próximas e disponíveis para deposição desses materiais (CASSA *et al.*; 2001).

Os setores industriais têm se tornado uma grande preocupação social por conta tanto do aumento significativo da geração desses resíduos, como também pela falta de um destino adequado para esses materiais. É preciso, portanto, buscar soluções ambiental e economicamente viáveis para o reaproveitamento desses resíduos. Neste sentido, a construção civil é um setor produtivo que contribui bastante através de ações que alteram o meio ambiente. Pela diversidade dos produtos por ela consumidos em seus diferentes setores de processos, torna-se fácil o setor atuar como receptor, através da reutilização e da reciclagem, não só de seus resíduos, como também de outras indústrias (CASSA *et al.*, 2001). Neste sentido, resíduos gerados na indústria de vidros têm mostrado resultados interessantes e vem se tornando cada vez mais uma alternativa para a redução do impacto ambiental ao incorporar estes resíduos na produção de argamassas para construção civil.

Os resíduos de vidro podem ser originados no cotidiano de todos, quando se engloba o descarte de vasilhames, copos, vidraças entre outros (FÁVERO, 2009) ou no processo de produção, utilização e descarte do mesmo (SALES, 2014). O vidro é um material inerte não perigoso, classe IIA (NBR 10.004, 2004), não biodegradável que corresponde a 3% dos resíduos sólidos urbanos, sendo a maior parte deste índice proveniente de quebras durante o processo de fabricação, tratamento, furação, corte e manuseio de peças de vidro (Sales, 2014). Este resíduo segundo Fávero (2009) é considerado 100% reciclável, pois este material pode voltar ao processo de produção de vidro. Entretanto, somente cerca de 45% de matéria prima é reciclada (CEMPRE, 2013), isto acontece porque o reaproveitamento requer cuidados especiais, ou seja, exige separação seletiva, retirada de contaminantes/impurezas, limpeza e quebra em tamanhos homogêneos antes do reaproveitamento. Consequentemente este material acaba em aterro sanitários e lixões.

Sales (2014) comenta que a relativa facilidade de aquisição e seu baixo custo fazem deste resíduo um material atraente na aplicação em diferentes setores e produtos da construção civil. Além disso, sua constituição de mais de 70% de sílica (SiO₂) conferem a este material uma característica potencialmente positiva para uso em concretos e argamassas. Vários trabalhos mostram estudos com a utilização de resíduo de vidro, não reciclado na própria indústria, como substituição de agregado miúdo ou como substituição ao cimento (TOPÇU *et al.*, 2004; PARK *et al.*, 2004; AFSHINNIA *et al.*, 2016; CORINALDESI *et al.*, 2016). Os resultados têm se mostrado promissores. Mas outro problema e, foco deste trabalho, são as micropartículas de vidro geradas nos processos de furação e lapidação de artefatos de vidro (SALES, 2014). Estas etapas do processo de preparação de vidro empregam grande volume de água para o resfriamento de ferramentas de corte. Sales (2014) comenta ainda que para reaproveitar a água do resíduo de vidro, eles recebem adição de floculante, o que facilita a

decantação das micropartículas de vidro. O resíduo gera então um aglomerado de micropartículas de vidro impregnado por flocculante (neste trabalho $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$). Sales (2004) comenta que uma indústria pequena pode gerar até 100 kg deste resíduo por mês. Um valor pequeno quando comparado com os outros tipos de resíduo de vidro, mas este material não é biodegradável e diminui a vida útil dos aterros, logo precisa ser levado em consideração. Sales, 2014 comenta ainda que este material tem recebido atenção na indústria cerâmica na forma de lubrificantes e abrasivos, mas nada se encontra sobre estudo como incorporação de agregados ou aglomerantes em argamassas.

Portanto, neste projeto o intuito é estudar a viabilidade de incorporação dos resíduos provenientes do efluente do processo de furação e lapidação das indústrias de vidro, em argamassa, e verificar as suas propriedades mecânicas, criando desta forma uma alternativa para reutilização deste resíduo que tantos malefícios pode trazer ao meio ambiente.

2. Metodologia

O objeto da pesquisa consiste em produzir amostras de argamassa com a incorporação do resíduo de vidro. Haverá também a produção de amostras sem incorporação do vidro (piloto) para realizar a comparação com um padrão.

O resíduo de vidro utilizado nesta pesquisa foi fornecido por uma empresa da região de Palhoça/SC, proveniente da lapidação, cortes, furação e acabamentos do vidro antes do processo de beneficiamento do mesmo.

O resíduo recebido passa por uma secagem ao ar e em seguida passa por peneiramento e a porção selecionada foi a parte passante em malha 300 μm . Esta granulometria foi escolhida pois o intuito do trabalho é a substituição de parte do cimento, logo o pó de resíduo deve ser bem fino. A figura 1 ilustra o resíduo de vidro em forma de lodo como recebido e após secagem e passagem na peneira.



Figura 1 - Resíduo da lapidação de vidro (a) em forma de lodo e (b) em forma de pó. Fonte: elaborado pelos autores.

A metodologia do trabalho consiste nas seguintes etapas:

A) CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE VIDRO

Os métodos de ensaios seguidos nesta etapa foram realizados seguindo as normas técnicas da ABNT posteriormente citadas. Os ensaios citados abaixo foram executados no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina (LEC-UNISUL).

Análise Granulométrica. Esta etapa consiste em determinar a quantidade de cada fração do material de acordo com sua dimensão, segundo a NBR NM 7211:2009.

Índice de Matéria Orgânica. A análise é realizada segundo a NBR NM 49:2001. Os resultados são obtidos através da comparação da coloração obtida com um referencial graduado.

Massa Específica. O método do picnômetro sugerido pela Norma NBR NM 52:2009, foi o escolhido para determinação desta variável.

Os ensaios abaixo foram realizados fora da instituição de estudo.

Análise de Imagem por Microscopia Estereoscópica. O resíduo possui uma granulometria muito fina, então a fração passante na peneira 300 µm foi analisada e tratada estatisticamente através do software ImageJ Version 1,51h.

Ensaio de Fluorescência de Raios-X e Espectrometria de Absorção Atômica. O material foi separado e enviado para o Laboratório de Desenvolvimento e Caracterização de Materiais - LDCM de Criciúma, onde foi submetido a ensaios de fluorescência de Raios-X e espectrometria de absorção atômica para determinação de elementos presentes no resíduo.

Difratometria de Raios-X. Esta foi a técnica utilizada para identificar as fases presentes no resíduo estudado. O ensaio foi realizado no laboratório de materiais da Universidade Federal de Santa Catarina (LabMat/UFSC) e o equipamento utilizado foi o difratômetro X'Pert.

B) ENSAIO DE RESISTENCIA MECÂNICA.

Resistência a compressão: Para o ensaio de resistência a compressão foram preparados 6 corpos de prova cilíndricos de dimensões 50x100mm para cada idade de cura (repetições). A argamassa estudada teve traço de 1:2,25 (cimento: agregado) e utilizou-se cimentos IV e V. O teor de água base utilizado no estudo foi de 0,55, indicado para regiões de agressividade classe III-marinha (ABNT 12655:2006), mas variou-se este teor nos diferentes ensaios realizados.

O equipamento para prova de carga de tensão é da marca EMIC e o procedimento é aquele estabelecido pela Norma NBR 7215/1996 Versão Corrigida:1997. Os corpos de provas foram rompidos nas idades de 7, 14, 28, 63 e 91 dias, conforme orienta a norma citada, período onde foram mantidos submersos para uma cura completa.

Foi necessário ainda um ensaio de pozolanicidade, este foi realizado no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina (LEC-UNISUL):

Pozolanicidade. Para analisar se o resíduo apresenta características pozolânicas foi realizado o ensaio de índice de atividade pozolânica proposto pela norma ABNT NBR 5752/2014.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A) CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO

Os resultados obtidos pelo ensaio de massa específica, matéria orgânica e granulometria pode ser encontrado na tabela 1.

Características	Dados	Indicadores
Massa específica	2,195 kg/m ³	NBR NM 52:2009
Umidade pó de vidro após secagem	3,6%	NBR 9775: 2011
Matéria Orgânica	Mais clara do que a solução-padrão	ABNT NBR NM 49:2001 Versão Corrigida:2001

Composição granulométrica

Peneiras mm	4,80	2,40	1,20	0,60	0,30	0,15	Fundo
% retido	4,17	6,71	13,19	17,19	29,15	9,68	19,88

Tabela 1 - Caracterização física do pó de vidro. Fonte: elaborado pelos autores.

O material apresenta um alto teor de finos (quase 20%). Logo é realizado o tratamento estatístico da amostra através do software ImageJ Version 1,51h para determinar os diâmetros médios abaixo de 0,15 mm.

A figura 1a mostra um histograma apresentando a frequência de aparecimento dos diferentes diâmetros das partículas abaixo de 0,15 mm. A figura 1b apresenta a imagem tratada da amostra.

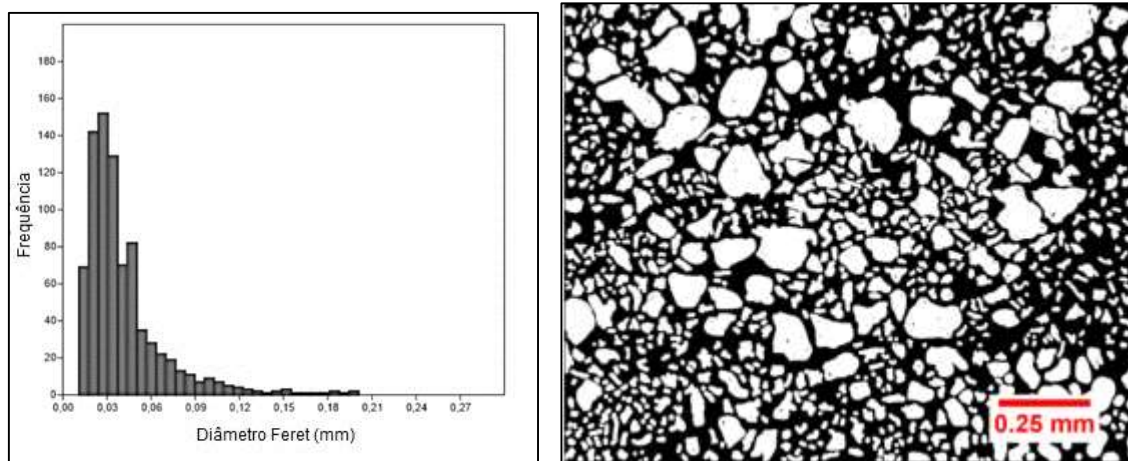


Figura 2. (a) Histograma de frequência do tamanho de partículas. (b) Imagem tratada da amostra. Fonte: Fonte: elaborado pelos autores.

A análise de imagem mostra que maior frequência de diâmetros da amostra se encontra em torno de 0,03mm. Quando se pensa em incorporar este resíduo em uma argamassa, este alto teor de finos pode trazer prejuízos a trabalhabilidade da mesma. Tendo-se que analisar a necessidade de controlar a granulometria em uma incorporação.

A tabela 2 traz os resultados de análise química do resíduo.

Elementos	Teor (%)
Al ₂ O ₃	3,38
CaO	8,10
Fe ₂ O ₃	0,31
Na ₂ O	12,28
K ₂ O	0,07
SiO ₂	64,75
MgO	3,14
Perda ao fogo	7,64

Tabela 2 - Resultado de fluorescência de Raios-X e espectrometria de absorção atômica sobre o resíduo de vidro. Fonte: LDCM, 2017.

Observa-se que o resíduo de vidro apresenta predominantemente óxido de silício (65% de SiO₂) que é o responsável por formar a rede vítrea (GALVÃO, 2013). Pode-se observar, também, neste resultado a presença de álcalis (óxidos de sódio, cálcio e potássio), utilizados no processo industrial de vidro, segundo Galvão (2013), como modificadores de rede, sendo responsáveis por romper a estrutura vítrea, diminuindo assim a viscosidade do vidro.

Nota-se que os álcalis (Na₂O e K₂O) encontram-se em teores bastante altos, quando se analisa o Na₂O_{equivalente} (Na₂O+0,658K₂O) este chega a 12,33%. Petrucci (1983) comenta que teores máximos de Na₂O_{equ} para o cimento não devem exceder 0,6%. Este resultado pode indicar a presença de reatividade Álcali-Agregado (RAA). Este resultado indica a necessidade de realizar um ensaio de expansão acelerada proposta na norma 15577-1a6/2008 para prever a potencialidade desta patologia. Como este não é o foco deste trabalho, este resultado será apresentado em trabalhos futuros para garantir a estabilidade do produto gerado.

Observa-se que o teor de Fe₂O₃ é baixo, isto porque este é adicionado ao processo para dar coloração ao vidro. Como o vidro de estudo é transparente não era esperado um alto teor.

Observa-se, também, a presença de 3,38% de Al₂O₃, podendo vir do próprio processo de produção do vidro, Galvão (2013) comenta que este é adicionado no processo para conferir resistência mecânica ao material. Este autor encontrou em suas investigações um teor em torno de 1,156 %. Outra fonte de alumínio pode ser o floculante (nitrato de alumínio) adicionado no lodo do processo de lapidação do vidro para decantação, esta hipótese é corroborada também em observações apresentados por Filogônio *et al.* (2014).

A identificação da fase foi complementada pelo difratograma de Raios-X apresentado na figura 3 e pela análise das possíveis fases mineralógicas presentes no lodo de vidro, acompanhadas das respectivas fórmulas químicas e códigos do banco de dados JCPDS – “Joint Committee for Powder Diffraction Standards” apresentado na tabela 1.

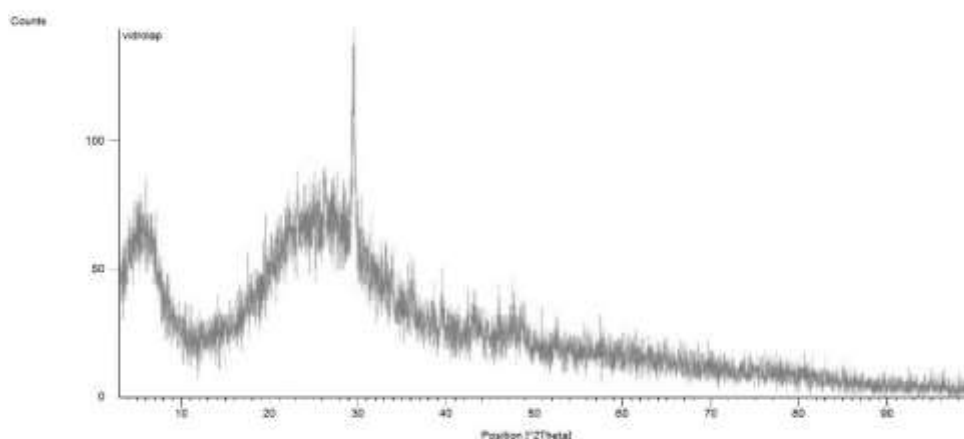


Figura 3- Difractometria de raios-X de amostras de resíduo de Vidro. Fonte: LabMat/UFSC, 2017

Formula Química	Nome do Composto	JCPDS
CaSi ₂ O ₅	Silicato de cálcio	00-051-0092
Na ₂ SiO ₃	Metassilicato de Sódio	00-001-0836
SiO ₂	Coesita	01-083-1832
SiO ₂	Cristobalita	00-004-0379

Tabela 1 – Fases presentes no lodo de alumínio. Fonte: JCPDS, 2017

O difratograma apresenta uma banda larga característica de materiais vítreos e amorfos. O halo formado entre 15 e 40° (2θ) é uma particularidade dos vidros a base de sílica (ALEIXO *et al*, 2016; FILOGÔNIO *et al*, 2014). Se percebe, ainda, indícios de formação de uma fase cristalina CaSi₂O₅. Isto é evidenciado no pico presente em 30° (2θ), outros picos seriam em 33° e 36-60° mas estes podem estar sendo encobertos pela larga banda característica da fase vítrea (amorfa) (SANTOS, 2016).

Matos (2010), em sua publicação comenta que o vidro pode apresentar uma composição favorável ao desenvolvimento da reação pozolânica. Para tanto, este autor comenta que algumas características podem ser observadas, tais como conter elevado conteúdo de sílica no estado amorfo, e ter uma elevada superfície específica. Estas características levam a uma observação da resistência mecânica em até 91 dias, e de se realizar testes de pozolanicidade do resíduo.

RESISTENCIA MECÂNICA

Os resultados de compressão de argamassas com incorporações de 10, 20 e 30% sobre a massa de cimento CP-V, além da argamassa Piloto, podem ser visualizados no gráfico 1.

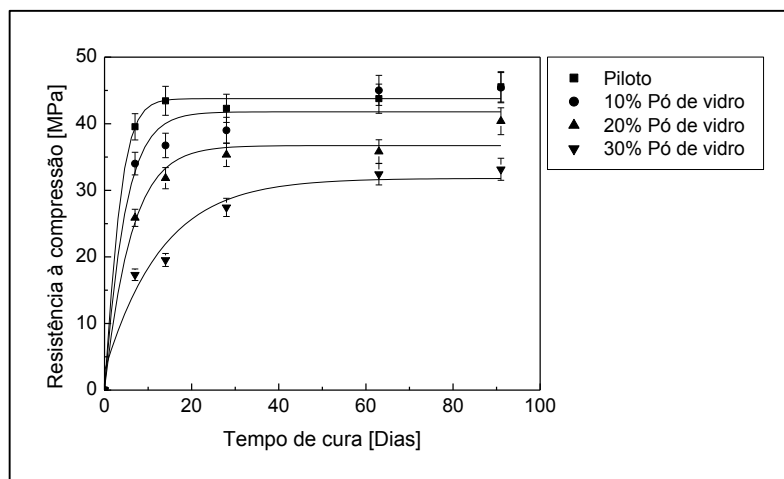


Gráfico 1 – Resultados de resistência a compressão em diferentes dias de cura de amostras com incorporação de vidro. Fonte: elaborado pelos autores.

Neste ensaio não houve correção de água na mistura, o objetivo de não corrigir o valor de água estava em tentar identificar o efeito do pó de vidro na mistura. Logo constatou-se que a trabalhabilidade da mistura ficou comprometida.

Quanto aos resultados pode-se observar que a amostra que recebeu 10% de incorporação de vidro foi a que se aproximou da resistência da argamassa padrão aos 91 dias de cura, ficando acima da resistência de 40 MPa estabelecida para o traço.

As outras incorporações mostraram resistências muito inferiores a mostra piloto nas primeiras idades, diminuindo esta diferença aos 91 dias. Na literatura é possível encontrar diversos autores [MATOS, 2010; SANTOS, 2016; ANTONIO, 2012; SALES, 2014] que também observaram o mesmo comportamento e justificam este comportamento ao efeito pozolânico do pó de vidro sobre o material.

Logo, para verificar o efeito pozolânico do resíduo, foram realizados os ensaios sugeridos pela norma NBR 5752/2014. O procedimento apresentou um índice de desempenho de 79,95%, resultado superior aos 75% (indicado em norma) que comprovam a pozolanicidade do resíduo de lapidação do vidro. Portanto, um atraso nas reações de resistência era esperado. Voltando ao gráfico 1, para as misturas com 20 e 30% observou-se que a resistência mecânica mesmo ao final do tempo de ensaio (91 dias) não chegou ao valor observado para o piloto. Ficando em torno de 25% (para 30% de vidro) abaixo do valor obtido com o piloto. Mas vale comentar que a mistura ficou bem seca, ficando muito difícil para trabalhar, em função disto abandonou-se os ensaios com 30% de vidro nos outros ensaios. Uma hipótese para este comportamento de diminuição da resistência mecânica observado deve ser em função desta redução na quantidade de água disponível para as reações químicas de endurecimento da argamassa.

Conforme observado na caracterização do material o pó do resíduo apresenta uma porcentagem de finos significativa. Então, a pergunta a ser respondida é se não seria interessante usar uma granulometria controlada nos ensaios, para evitar a perda da trabalhabilidade. Logo, realizou-se um teste com duas diferentes granulometrias. Como o objetivo era substituir parte do cimento, usou-se granulometria abaixo de 300 μm (todos os finos) e outra separando finos do resíduo com granulometria entre 300 e 150 μm (descartando os maiores e menores). O gráfico 2 apresenta o valor de resistência mecânica aos 28 dias com substituição de 20% de cimento, sem alteração no teor de água.

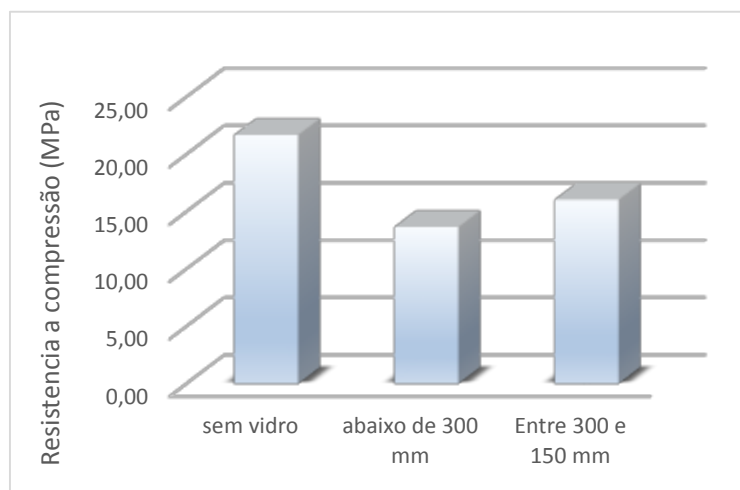


Gráfico 2 – Ensaio de resistência mecânica aos 28 dias de cura de corpos de prova com 20% de resíduo com diferentes granulometrias. Fonte: elaborado pelos autores.

Percebe-se uma redução de resistência mecânica de 25% para corpos de prova que receberam incorporação de pó de vidro com granulometria entre 300 e 150 μm em relação a amostra piloto. Para aqueles corpos de prova com pó do resíduo abaixo de 300 μm observou-se uma queda de 36,9%. Apesar do resultado com granulometria entre 300 e 150 μm ter sido mais interessante vale comentar que o rendimento no peneiramento foi significativamente menor. Implicando, ainda, na necessidade de uma etapa extra para preparar o resíduo para a incorporação na argamassa. Esta nova etapa gera um novo passivo pois a cada 10 kg peneirados, obtém-se em torno de 500 g de pó do resíduo útil. Portanto, decidiu-se buscar a melhor formulação do material utilizando os finos sem nenhuma separação.

O próximo ensaio de resistência mecânica foi realizado com incorporação de pó de vidro com granulometria abaixo de 300 μm (exatamente como no gráfico 1) mas agora realizando o ajuste de água, tendo-se o cuidado de manter a mesma consistência em todas as misturas. Para tanto, foi realizado o ensaio de escorregamento - FLOW TEST prescrito pela NBR 13276 (2005), mantendo o diâmetro em 19 cm, espalhamento da argamassa piloto. Neste ensaio o cimento utilizado foi o CP-IV.

O gráfico 2 mostra os resultados dos ensaios de resistência mecânica nesta nova configuração de mistura.

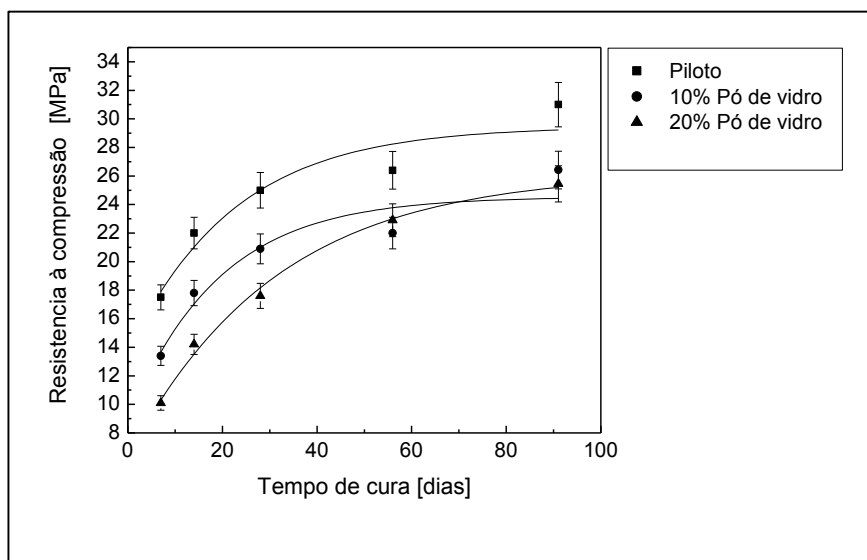


Gráfico 3 – Resultados de resistência a compressão em diferentes dias de cura de amostras com incorporação de vidro, com ajuste de água na preparação do concreto. Fonte: elaborado pelos autores.

Neste novo resultado percebe-se ainda uma redução aos 91 dias em relação ao piloto. Mas vale salientar que, nos dois casos (10 e 20% de vidro), os resultados de resistência ficaram no valor de resistência de 25 MPa estabelecida para este traço. O ajuste na água melhorou o resultado, corroborando a hipótese proposta. O uso de aditivos plastificantes deve melhorar os resultados de resistência mecânica, mas este ensaio ficará para trabalhos futuros.

CONCLUSÕES:

Este estudo se concentrou em duas etapas, a primeira sendo a caracterização do resíduo de pó de lapidação de vidro, e a segunda sendo o estudo de resistência mecânica de argamassas com incorporação deste material.

Na caracterização do vidro percebe-se uma fração alta de finos que pode interferir na mistura de um concreto/argamassa desde que uma alta quantidade de finos em função da sua alta área superficial pode absorver mais água. Na análise química, o alto teor de Na_2O sugere que o concreto/argamassa incorporada deve passar por análise de reação álcali agregado. E a presença de sílica no estado amorfo, leva a investigação sobre efeito pozolânico do resíduo. Os ensaios de resistência mecânica mostram que mesmo sem aditivos os resultados são positivos para uma possível substituição de cimento pelo resíduo de vidro.

REFERÊNCIAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Determinação da composição granulométrica dos agregados. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 49: Agregado miúdo - Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5752: Materiais pozolânicos — Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9775: Agregado miúdo – Determinação do teor de umidade superficial por meio do frasco de Chapman – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 49: Agregado miúdo - Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996, versão corrigida 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação; Rio de Janeiro, 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577: Agregados – Reatividade Álcali-agregado (partes 1 – 6); Rio de Janeiro, 2008.

ANTONIO, A.P.; Potencialidades do aproveitamento do resíduo de estação de tratamento de efluentes do processo de lapidação do vidro sodo – cálcico na produção de concretos. Dissertação. Programa de Pós - Graduação em Engenharia Civil. Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2012

AFSHINNIA, K.; RANGARAJU, P.R. Impact of combined use of ground glass powder and crushed glass aggregate on selected properties of Portland cement concrete. *Construction and Building Materials* 117 (2016), p263 – 272

ALEIXO, F.C.; BALLMANN, T.J.S.; FOLGUERAS, M.V.; JUNKES, J.A.; DELLA, V.P.; Preparação de vidros sodo-cálcicos utilizando resíduo de lã de rocha; *Cerâmica*, 62; 358-364, 2016

CEMPRE, compromisso empresarial para reciclagem. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/>> Acesso em: 11/10/2015

CORINALDESI, V.; NARDINOCCHI, A.; DONNINI, J. Reuse of recycled glass in mortar manufacturing. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 2016, DOI: 10.1080/19648189.2016.1246695

CASSA; J. C. S.; CARNEIRO; A. P., DE BRUM, I. A. S.; Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção - Projeto Entulho Bom; Editora da UFBA; Caixa Econômica Federal, Salvador, 2001.

FÁVERO, R.B.; Avaliação da Utilização de sucata de vidro como adição mineral frente à sílica ativa e como agregado miúdo artificial na produção de materiais á base de cimento; Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FILOGÔNIO, P.H.C.; REIS, A.S.; LOUZADA, D.M.; DELLA, V.P.; Caracterização da lama da lapidação de vidros sodo-cálcicos para a formulação de produtos de cerâmica vermelha; 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, MT, Brasil, 09 a 13 de Novembro de 2014.

SALES, F.A.; Estudo da atividade pozolânica de micropartículas de vidro soda-cal, incolor e âmbar, e sua influência no desempenho de compostos de cimento Portland; Tese de

doutorado em Engenharia das estruturas; Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG; 2014

GALVÃO, Á. C. P.; FARIAS, A. C. M.; SOUZA, L. G. M.; Viabilização de rejeitos de vidro para produção de tijolos cerâmicos; HOLOS, Ano 29, Vol. 4; 2013

PARK, S.B.; LEE, B.C.; KIM, J.H. Studies on mechanical properties of concrete containing waste glass aggregate. Cement and Concrete Research 34 (2004), p2181 – 2189.

PETRUCCI, Eládio Geraldo Requião. Concreto de cimento portland – 7ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1980.

MATOS, A.M.; Estudo de argamassas com substituição parcial de cimento por resíduos de vidro moídos; Dissertação. Mestrado em Engenharia Civil - Especialização em Materiais e Processos de Construção; Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; Portugal, 2010

SANTOS, D. P.; Influência do resíduo de vidro nas propriedades de uma argamassa colante; Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia Civil. Campos dos Goytacazes, 2016.

TOPÇU, I.B.; CAMBAZ, M. Properties of concrete containing waste glass. Cement and Concrete Research 34, p267 – 274, 2004