

## INCORPORAÇÃO DE VIDRO PLANO MOÍDO EM SUBSTITUIÇÃO AO CIMENTO E AO AGREGADO MIÚDO (AREIA) EM ARGAMASSAS DE CONCRETO

TIAGO TADEU AMARAL OLIVEIRA<sup>1</sup>, FABIO RODRIGO KRUGER<sup>2</sup>, DARLENE L. AMARAL<sup>3</sup>,  
SERGIO R. OBERHAUSER Q. BRAGA<sup>4</sup>, ADALBERTO LUIS RODRIGUES DE OLIVEIRA<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão (UTFPR-CM). [tiago\\_tao@hotmail.com](mailto:tiago_tao@hotmail.com)

<sup>2</sup> Técnico do Laboratório de Materiais da UTFPR-CM,

<sup>3</sup> Professora do Curso de Engenharia Ambiental da UTFPR-CM. [darlene@onda.com.br](mailto:darlene@onda.com.br)

<sup>4</sup> Professor do Curso de Engenharia Civil da UTFPR-CM

<sup>5</sup> Professor do Curso de Engenharia Civil da UTFPR-CM. [alroengenharia@onda.com.br](mailto:alroengenharia@onda.com.br)

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

Este trabalho estudou a viabilidade da utilização da sucata de vidro comum como adição mineral em substituição ao cimento e, também, como agregado miúdo artificial (areia) na produção de argamassas de concreto. O resíduo utilizado moído foi passado em peneira ABNT nº 200 (# 0,074 mm). A caracterização do resíduo incluiu a granulometria por difração de raios-X e a fluorescência de raio-X. A pozzolanidade foi determinada segundo a NBR 5753/1992 e comparadas com a NBR 12.653, e os ensaios de resistência a compressão foram executados segundo a MB 1 (JUL/1991). Os resíduos foram testados como substitutos parciais do cimento Portland CPV ARI e agregado miúdo (areia) (5 e 10%). O desempenho das argamassas foi avaliado aos 7, 28 e 58 dias verificando a resistência à compressão axial com corpos-de-prova cilíndricos de 5cm x 10cm e cura por imersão em água. Os resultados da análise química satisfizeram as exigências químicas para um material pozzolânico exigidos pela NBR 12.653/1992 enquanto as físicas não. A sucata de vidro apresentou boas condições para uso uma vez que proporcionou efeitos de ganho de resistência com 5 e 10% substituindo a areia e se comportou como um pozzolânico, consumindo alcalinidade e óxido de cálcio presente.

Palavras Chave: *resíduos, vidro soda cal, pozzolana.*

### **Incorporation of crushed flat glass into concrete mortar in replacing the cement and the fine aggregate (sand)**

This paper studied the possibility of using common glass residue as mineral addition in replacing cement, and also, as artificial fine aggregate (sand) in the production of concrete mortar. The glass residue was crushed and sifted as required by ABNT (Brazilian Association of Technical Norms) nº 200 (# 0,074 mm). It was characterized through granulometry process by X-rays diffraction and X-ray fluorescence. The pozzolanicity was determined according to NBR 5753/1992 and compared to NBR 12.653, and resistance experiments by compression were carried out according to a MB 1 (JUL/1991). The residues were tested as partial substitutes of the cement Portland CPV ARI and fine aggregate (sand) (5 and 10%). The mortars development was evaluated at 7<sup>th</sup>, 28<sup>th</sup> and 58<sup>th</sup> days, it was verified its resistance to axial compression with cylindrical specimens of 5cm x 10 cm and curing through water immersion. The results of the chemical analysis satisfied the chemical requirements for a pozzolanic material according to NBR 12.653/1992, but not the physical features. The glass residue presented good conditions of use once it provided gain of resistance into 5 and 10%, replacing sand and behaved as a pozzolanic, consuming alkalinity and calcium oxide.

Keywords: residues, soda-lime glass, pozzolan.

**INTRODUÇÃO:** O vidro é um material classificado como cerâmico constituído basicamente de sílica, resistindo bem à ruptura e à deformação elástica. Segundo a ABIVIDRO (2014), o país recicla apenas 14, 2% dos vidros consumidos. O resíduo de vidro é classificado pela NBR 10004 (ABNT, 2004) como um resíduo de classe II B, tido como não perigoso e inerte. Uma opção para o uso de resíduo de vidro, no setor da construção civil, é sua utilização como material alternativo para compor estruturas a base de cimento. Tendo em vista que, o vidro é um material feito com uma massa de sílica em fusão, pode-se verificar que, ao final de seu processo de produção, ele se apresenta como um composto de sílica amorfa o que faz do vidro um material com potencialidade para promoção de pozolanicidade, quando apresentar alto grau de finura. Sabe-se que materiais ricos em sílica, como sílica ativa e cinza da casca de arroz, são usados em conjunto com cimento em pastas, argamassas e concretos no intuito de melhorar as propriedades mecânicas e a durabilidade de matrizes cimentícias ((MEHTA e MONTEIRO, 1994). Em função de sua composição química rica em sílica, o pó de vidro apresenta-se como uma possibilidade viável para reaproveitar o resíduo oriundo, por exemplo, de placas planas de vidro, do tipo sodo-cálcico, a fim de usá-los como materiais pozolânicos ou fíleres. A opção pelo tipo de vidro sodo-cálcico decorre da sua maior utilização e produção no mercado, além disso, são os mais utilizados na indústria da construção civil para compor fachadas, janelas, portas, box de banheiros, peças de móveis, etc. A utilização do pó de vidro, como adição mineral, pode contribuir para diminuir o consumo de cimento ou melhorar a reologia da matriz cimentícia, além de proporcionar uma destinação mais nobre ao resíduo. Assim, anseia-se com o presente trabalho, oferecer condições para interação entre pequenas empresas de produtos a base de cimento e empresas de beneficiamento de vidro. Com isso, agrega-se valor ao resíduo utilizado por estas empresas, cuja destinação final seria o aterro municipal, contribuindo desta forma para a redução do impacto ambiental negativo ao meio ambiente, além de desenvolver tecnologicamente o ramo da construção civil. \neste contexto o objetivo deste trabalho e de testar o resíduo de vidro soda cal como material alternativo em diferentes proporções de substituição do cimento Portland e de agregados miúdos (areia) em argamassas.

#### **MATERIAL E MÉTODOS:**

O resíduo de vidro plano (RVP) foi proveniente do município de Campo Mourão, Estado do Paraná, de vidraçarias onde são gerados e descartados grandes quantidades de recortes de vidro. O resíduo utilizado foi obtido por moagem e a seguir, passados na peneira ABNT nº 200 (# 0,074 mm). A caracterização física do resíduo incluiu a granulometria por difração de raios laser e a composição química por fluorescência de raio-X. A determinação de perda ao fogo foi feita em mufla e a umidade por gravimetria. A massa específica das cinzas foi realizada pelo método de Le Chatelier e a superfície específica foi realizada pelo método Blaine da ABNT (1998). A atividade pozolânica das cinzas foi determinada pelo índice de atividade pozolânica (IAP%) preconizado pela NBR 5752 da ABNT (2004), o qual é determinado pela relação entre a resistência à compressão, aos 28 dias, de uma argamassa confeccionada com 35% de adição em relação à uma argamassa de referência (sem a presença de adições). O traço de referência foi estabelecido com base no recomendado para avaliação de resistência à compressão de cimentos na NBR 7215 da ABNT (1996): 1 de cimento para 3 de agregado miúdo (areia) e fatores água/cimento de 0,50. Os corpos-de-prova foram desmoldados após 24 horas da sua confecção e submetidos à cura por imersão em água durante 28 dias. Os ensaios de resistência a compressão foram executados segundo a MB 1 (JUL/1991). Os resíduos foram testados como substitutos parciais do cimento Portland CPV ARI e de agregado miúdo (areia). Duas porcentagens de substituição foram usadas: 5 e 10%. O desempenho das argamassas foi avaliado aos 7, 28 e aos 58 dias verificando a resistência à compressão axial com corpos-de-prova cilíndricos de 5cm x 10cm e cura por imersão em água.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A composição química do resíduo vítreo analisado (Tabela 1) apresentou altos teores de sílica, sódio e cálcio. Quanto às características físicas apresentou diâmetro médio de partículas de 50,90  $\mu\text{m}$ , superfície específica de 5,3m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup> e o difratograma de raio-X apresentou uma banda que vai de aproximadamente 13 a 38° devido o material ser predominantemente amorfo. Esta banda bastante evidente teve seu valor máximo de intensidade em 26,56° e encontra-se a uma distancia interplanal basal (d001) de 3,60 Å que é proveniente da presença de sílica na amostra. Os resultados da análise química não satisfizeram as exigências químicas para um material pozolânico

exigidos pela NBR 12.653/1992 (Tabela 2) em relação ao teor de Na<sub>2</sub>O enquanto que o resultado da análise granulométrica mostrou que o material não atingiu a finura suficiente segundo às exigências físicas. O material não se comportou como um pozolânico (Figura 2a) pois não atinge 75% de resistência (que equivale a 45MPa) em relação ao traço de referência como preconiza a NBR 5752-1992.. Quanto á resistência (Figura 2b e 2c) das argamassas moldadas com adição de pó de vidro foi evidenciado um aumento significativo em sua resistência mecânica somente aos 58 dias depois de moldada tanto para a substituição da areia como para a substituição do cimento nas duas proporções avaliadas.

Tabela 1 - Resultado da análise de espectrometria de fluorescência de Raio-X do RVP

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	TiO <sub>2</sub>
.....%							
71,83	0,71	1,59	0,43	6,21	0,03	3,68	0,06
SO <sub>3</sub>	Cl	Na <sub>2</sub> O	MnO	ZrO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SrO	P.F.
.....%							
< 0,01	< 0,01	13,93	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,1	0,93

Tabela 2- Exigências químicas e físicas para materiais pozolânicos segundo a NBR 12653-1992 e os resultados do RVP.

Propriedades	Classes de material pozolânico			
	N	C	E	RVP
<b>Químicas</b>				
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , % min.	70	70	50	<b>74,13</b>
SO <sub>3</sub> % Max.	4	5	5	<b>&lt; 0,01</b>
Perda ao Fogo, % Max.	10	6	6	<b>0,93</b>
Alcalis disponíveis em Na <sub>2</sub> O, % max	1,5	1,5	1,5	<b>13,93</b>
<b>Físicas</b>				
Material retido na peneira 45 µm, % máx.	34	34	34	<b>45</b>
<b>Índice de atividade pozolânica:</b>				
- com o cimento aos 28 dias, em relação ao controle, % mín.	75	75	75	<b>85</b>
- com a cal aos 7 dias, em relação ao controle, em MPa	6	6	6	

Em que-  
 Classe N = Pozolanas naturais e artificiais (argilas calcinadas)  
 Classe C= Cinzas Volantes e materiais resultantes da queima de carvão  
 Classe E= os que não se enquadram na Classe N e C

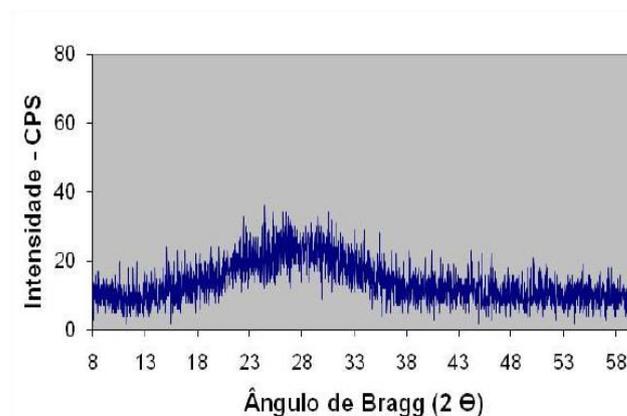


Figura 1- Difratograma de Raio-X do RVP.

Fazendo comparação entre as curvas granulométricas do resíduo de vidro plano (RVP) e do cimento Portland, pode-se observar que o resíduo de vidro encontra-se com os tamanhos de partículas maiores que o CPV-ARI utilizado (Tabela 3), o que pode interferir para o preenchimento de possíveis vazios entre os grãos de cimento e minimizar o efeito fíler por meio da adição do resíduo de vidro. Deve-se buscar trabalhar com RVP de menor granulometria do que o CPV-ARI para melhorar o índice de atividade pozolânica.

Tabela 3- Resultados físicos do RVP comparados com o cimento CPV- ARI

Propriedades físicas	Cimento CPV-ARI	RVP
Tamanho médio de partículas ( $\mu\text{m}$ )	38,4	50,90
Superfície Específica Blaine ( $\text{cm}^2 \text{kg}^{-1}$ )	4158	590
Massa Específica ( $\text{g cm}^{-3}$ )	3,12	1,53

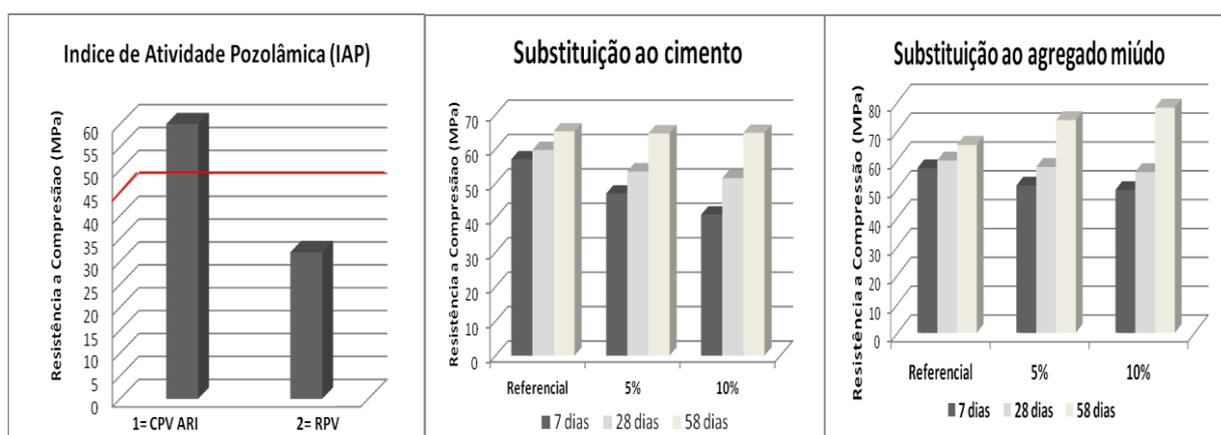


Figura 2- Resistência à compressão em argamassas: (a) com adição do resíduo (35%) de RVP *in natura* confeccionados para avaliação do IAP segundo a NBR 5752-1992, comparadas com a argamassa de referência (sem a presença de adições); (b) RVP em substituição ao cimento e (c) RVP em substituição ao agregado miúdo.

**CONCLUSÕES:** A sucata de vidro apresentou boas condições para uso uma vez que proporcionou efeitos de ganho de resistência com 5 e 10% substituindo a areia e o cimento aos 58 dias depois de moldada. O RPV não atendeu as exigências químicas e físicas da NBR 12653 e não se comportou como um pozolânico em relação ao IAP com o cimento.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998). **Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine):** NBR NM 76. Rio de Janeiro.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004). **Cimento Portland – Análise química - Determinação de perda ao fogo – método de ensaio:** NBR NM 18. Rio de Janeiro.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992). **Materiais pozolânicos – determinação de atividade pozolânica com cimento Portland – índice de atividade pozolânica com cimento:** NBR 5.752. Rio de Janeiro.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1996). **Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão:** NBR 7.215. Rio de Janeiro.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992). **Materiais pozolânicos:** NBR 12.653. Rio de Janeiro.

MEHTA, P. K. , MONTEIRO, P. J. Concreto - estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994.