

PRODUÇÃO DE AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL A PARTIR DO PROCESSAMENTO DE MATERIAIS VÍTREOS

Christian Souza Barboza*, Gabriela Sarti Figueiredo

*Universidade Federal da Grande Dourados. E-mail: christianBarboza@ufgd.edu.br.

RESUMO

Nos últimos anos, o debate em torno do consumo consciente e da geração dos resíduos sólidos produzidos pela população das cidades tem cultivado uma nova percepção acerca do problema. Um dos destes resíduos é o vidro, que embora seja 100% reciclável, apenas 47% do material fabricado no Brasil é reciclado ou reaproveitado. Na construção civil, o vidro é um dos materiais mais consumidos do mundo, juntamente com o concreto. O presente trabalho estuda, por meio da revisão de bibliografias ligadas ao tema, o potencial de incorporação de materiais vítreos processados por trituração na indústria da construção civil como agregados miúdos em argamassas. Para a definição de potenciais traços a serem ensaiados, as amostras de resíduos a serem pesquisadas são resultantes do processo de reciclagem do vidro. Tal reciclagem é efetuada, a partir da coleta seletiva de lixo por instituição apropriada, que faz a separação dos tipos de vidro recebidos. A trituração dos mesmos é feita de modo mecânico. A partir deste processo, são realizados ensaios de caracterização química, física e mecânica do material produzido e após a sua utilização em peças cimentícias, são feitos ensaios de resistência à tração e compressão; índices de absorção e capilaridade; retração; índice de vazios; reatividade química; condutibilidade térmica e elétrica; e ainda, análise de durabilidade do material. De maneira geral os traços avaliam as proporções de 0 a 50% com variação de 10% nos teores de substituição e ainda são avaliados os traços com substituição total do agregado miúdo por vidro processado. Os resultados obtidos nos trabalhos da bibliografia consultada, demonstram que os traços com substituição parcial ou integral do agregado miúdo, atendem às expectativas, ou seja, que a resistência do corpo de prova estudado é próxima à resistência do corpo de prova referência. Nos quesitos: durabilidade; índice de vazios; absorção por capilaridade; entre outros, verifica-se a viabilidade da utilização do agregado reciclado, sendo observados ganhos sociais e ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil; Argamassas; Agregados Reciclados; Vidro como agregado miúdo.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem se observado um aumento populacional e a expansão das cidades refletindo no crescimento intensificado do setor de construção civil. A questão dos Resíduos da Construção Civil (RCC) tem sido amplamente discutida no Brasil pela alta taxa de geração, representando cerca de 51% a 70% dos resíduos sólidos urbanos coletados (MARQUES NETO, 2005).

De acordo com o Art. 13 da Lei nº 12.305/2010, os RCC's são aqueles resíduos gerados nas construções, em reformas, em reparos e em demolições de obras de construção civil, bem como os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. De forma geral, os Resíduos da Construção Civil possuem baixa periculosidade, entretanto causam impacto devido ao grande volume gerado.

Ao longo dos últimos anos, a reciclagem no Brasil vem evoluindo muito. De acordo com o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2016), entre 2010 e 2014 o número de cidades brasileiras que prestam o serviço de coleta seletiva mais que dobrou. Apesar dos avanços, a expansão da coleta dos resíduos separados nas residências permanece um grande desafio, já que hoje apenas 13% da população brasileira é atendida pelos caminhões da reciclagem. (Figura 1)



Figura 1: Municípios com coleta seletiva no Brasil.
Fonte: CEMPRE (2016).

A maior parte dos programas municipais de coleta seletiva permanece nas regiões Sudeste e Sul do país. Do total de municípios brasileiros que realizam tal serviço, 81% está situado nessas regiões. (Figura 2)

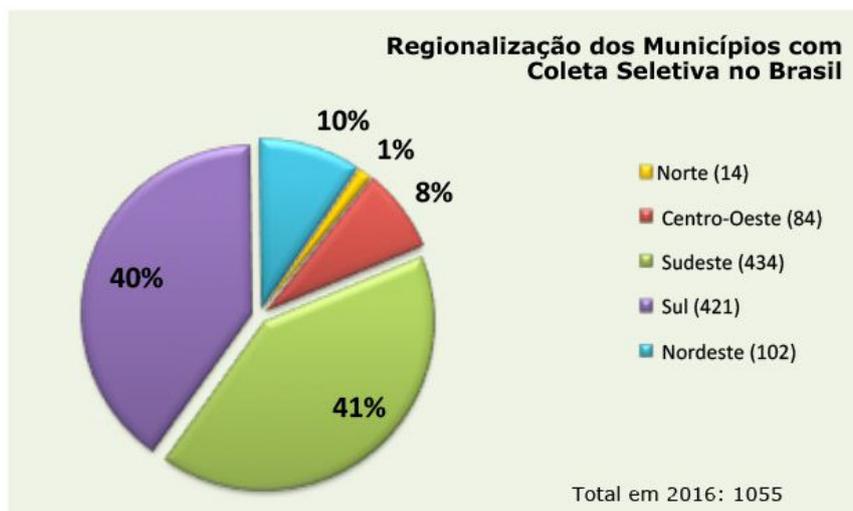


Figura 2: Regionalização dos municípios com coleta seletiva no Brasil.

Fonte: CEMPRE (2016).

Na cidade de Dourados - Mato Grosso do Sul, situado na região sul do estado, os números são alarmantes: apenas 1,3% do lixo produzido vai para a reciclagem segundo DOURADOS NEWS (2013).

Diante do exposto, são necessários estudos que verifiquem a viabilidade técnica de formas de reaproveitamento desses resíduos após o descarte pela indústria que os geraram. O resíduo de vidro, segundo os dados de CEMPRE (2016), apenas 47% das embalagens, confeccionadas com esta matéria prima, foram recicladas no Brasil no ano de 2011, somando 470 mil ton/ano.

O VIDRO COMO AGREGADO MIÚDO

A Resolução 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2002, classifica o vidro como Classe II B, inerte e não perigoso. Segundo Ferrari e Jorge (2010), em sua forma pura, o vidro é um óxido metálico superesfriado transparente, de alta dureza, inerte e biologicamente inativo, que pode ser fabricado com superfícies impermeáveis e lisas.

Camarate (2016), os vidros utilizados na construção civil são compostos basicamente por uma mistura de sílica, óxido de sódio, óxidos de cálcio e magnésio, nas seguintes proporções (figura 3):

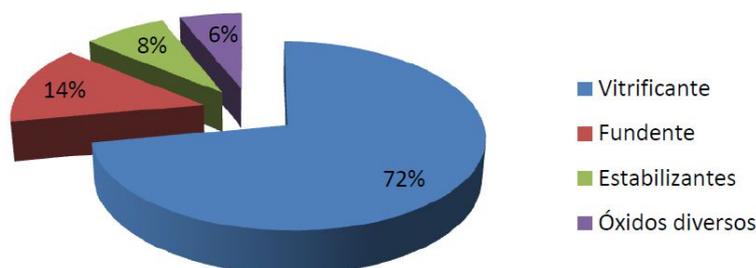


Figura 3: Composição básica dos vidros

Fonte: Camarate (2016).

Tais propriedades conduzem a um grande número de aplicações, sendo na construção civil utilizado na composição de concretos, argamassas, asfaltos e pavimentação de estradas, construção de sistemas de drenagem, estruturas para mitigação de enchentes, produção de polímeros e fibra de vidro.

A utilização do vidro já foi estudada por diversas produções acadêmicas e, atualmente, existem alguns países que fazem o uso deste material como agregado miúdo em concretos. A Austrália, por exemplo, utiliza o vidro moído proveniente do lixo em concretos para construção (CRENTSIL *et al.*, 2001). No Brasil, esta forma de utilização é pouco utilizada, devido aos aterros sanitários, ou ainda os chamados “lixões” a céu aberto serem ainda considerados uma opção barata financeiramente a curto prazo. Aliado a este fato, no país há abundância de matéria-prima para a produção de insumos destinados à construção civil tradicional.

Sobre a substituição da areia pelo vidro moído, deve-se observar dois aspectos em especial: a reação álcali-agregado e o efeito pozolânico. Outro fator é que as forças de ligação entre as partículas de vidro e a pasta, que são mais fracas no vidro do que com a areia natural.

Segundo Camarate (2016), a presença de Na₂O na composição dos agregados provenientes de vidros processados, é um fator relevante para o desencadear das reações álcalis-sílicas. Já o efeito pozolânico do vidro pode trazer benefícios ao concreto. Existe uma porcentagem adequada para a substituição de areia por vidro que é ideal a ponto de não diminuir a resistência do concreto, existe uma faixa granulométrica ideal do vidro para evitar os problemas gerados pela reação álcali-agregado e alcançar o efeito pozolânico, recomenda-se que para os agregados de Classe II, o teor de álcalis seja limitado à 3,0Kg/m³ e 2,5Kg/m³ para os de classe III. (SHAO *et al.* 2000).

OBJETIVOS

É objetivo do presente trabalho, avaliar, por meio da revisão de bibliográficas ligadas ao tema, o potencial de incorporação de materiais vítreos processados por trituração na indústria da construção civil como agregados miúdos em argamassas.

METODOLOGIA

O presente trabalho, levantou, a partir da pesquisa bibliográfica, pesquisas que utilizaram o vidro como agregado miúdo em traços de argamassas cimentícias, como a substituição parcial e completa da areia por esse material.

Para a definição de potenciais traços a serem ensaiados, as amostras de resíduos a serem pesquisadas são resultantes do processo de reciclagem do vidro. Tal reciclagem é efetuada, a partir da coleta seletiva de lixo por uma usina apropriada, que faz a separação dos tipos de vidro recebidos. A trituração dos mesmos, de modo mecânico, feita por meio de um britador (figura 4), processo que adquire diferentes granulometrias do material, que em seguida são separados em diferentes faixas granulométricas através de peneiramento.



Figura 4: Britador mecânico
Fonte: Silva e Costa (2015).

De maneira geral, as pesquisas (Camarate 2016, Miranda e Selmo 2001, Shao 2000) seguem a seguinte sequência: Após a etapa inicial, em laboratório, se dá o ensaio granulométrico do material, que busca, a partir porcentagem do peso do agregado retido em cada peneira, obter a curva granulométrica dos diferentes tipos de agregados produzido a partir do vidro, juntamente com o diâmetro máximo e o módulo de finura. Estes dados que auxiliam na verificação de similaridades granulométricas do material alternativo com os materiais convencionais (areia ou basalto britado). Em seguida são produzidos os matéria cimentícios, seguindo as diretrizes da NBR 13276 ou normatizações internacionais, sendo que a parte correspondente ao agregado miúdo substituída pelo vidro triturado é diversa.

Camarate (2016), levanta diversos outros trabalhos que pesquisaram a substituição parcial, e em alguns casos, total do agregado miúdo tradicional por vidro moído. De maneira geral os traços avaliam as seguintes proporções:

- Traço 0 referência, com 0% de substituição por agregado de vidro processado.
- Traço 1: com 10% de substituição por agregado de vidro processado.
- Traço 2: com 20% de substituição por agregado de vidro processado.
- Traço 3: com 30% de substituição por agregado de vidro processado.
- Traço 4: com 40% de substituição por agregado de vidro processado.
- Traço 5: com 50% de substituição por agregado de vidro processado.
- Traço 6: com 100% de substituição por agregado de vidro processado.

Os elementos que constituem a argamassa são dosados por peso, através da aferição por meio de uma balança, para então produzir-se corpos de prova prismáticos (10x20) cm. Logo após esta etapa, os agregados são misturados mecanicamente em misturador. A água e o cimento são adicionados para que se forme a pasta, em seguida serão acrescentados os agregados, e a homogeneização é realizada.

A partir da argamassa produzida, são realizados os ensaios de caracterização físico-mecânica do material, tais como: resistência à tração e compressão; índice de absorção e capilaridade; retração; índice de vazios; reatividade química; condutibilidade térmica e elétrica; e, a análises de durabilidade do material.

RESULTADOS

A partir da bibliografia estudada, os traços com substituição parcial ou integral do agregado miúdo, atendem ou superam a resistência do traço referência (0% de substituição), ou seja, na idade de 28 dias a resistência dos corpos de prova estudados são maiores ou iguais aos traços que utilizam agregados naturais.

Não há diferenças estatisticamente relevantes em comparação com o traço referência no quesito de durabilidade do material analisado. Espera-se que o agregado, por se tratar de material vítreo, seja quimicamente inerte ou pouco reativo, e que os elementos cimentícios apresentem baixos fatores de índice de vazios e absorção por capilaridade.

A tabela abaixo, sintetiza os diferentes resultados alcançados por diversos autores que trabalharam com estes materiais, apresentando-se sua composição e resistência finais:

Tabela 1. Comparação dos resultados alcançados para a substituição de agregados miúdos por vidro moído.

Autor	Taxa de Substituição (%)	Cimento (kg/m ³)	Água (l/m ³)	Idade (dias)	A/C	Resistência Mecânica (Mpa)
Gautam, Srivastava & Agarwal (2012)	0	380	190	28	0.50	30.3
	10					31.3
	20					31.0
	30					29.7
	50					24.3
Oliveira, Gomes & Santos (2008)	0	350	210	28	0.60	45.0
	25					56.0
	50					57.0
	100					59.0
Ismail e Al-Hashmi (2009)	0	380	201	28	0.53	44.0
	10					40.3
	15					42.0
	20					45.9
Malik et al. (2013)	0	425.8	191.6	28	0.45	28.1
	10					33.7
	20					35.1
	30					30.8
	40					25.7
Camarate (2016)	0	350.0	200.73	28	0.57	34.0
	25 (manual)					31.0
	25 (betoneira)					33.0
	50 (manual)					27.0
	50 (betoneira)					36.0

A partir dos resultados de Camarate (2016), pode constatar a grande influência da forma de mistura nas resistências dos traços, onde, as misturas feitas mecanicamente apresentaram resultados superiores aos das feitas manualmente.

A relação água/cimento e as resistências mecânicas à compressão apresentaram grande variabilidade, onde, traços com maiores índices de a/c apresentaram maiores valores de resistência. Tal constatação se deve à grande variabilidade granulométrica para os traços, ou seja, não há como relacionar diferentes traços que se utilizaram de diferentes faixas granulométricas para os agregados miúdos.

A substituição total ou parcial dos agregados miúdos por vidro moído, quando se analisa apenas as resistências finais apresentou-se satisfatória, sendo que, na maioria dos trabalhos, a substituição em torno de 20% mostrou-se mais eficaz. No trabalho de Oliveira, Gomes & Santos (2008), a substituição total dos agregados miúdos por vidro processado apresentou resistências finais substancialmente superior ao traço referência, justificando-se assim os ensaios com substituição total dos agregados por este material alternativo.

CONCLUSÕES

A partir do presente trabalho, verifica-se que a viabilidade da utilização do agregado reciclado na produção de materiais à base de cimento, é possível teoricamente, visto que os corpos de prova com o vidro triturado, possuem o potencial para produzir resultados próximos aos traços tidos como referência.

A incorporação dos resíduos vítreos em materiais à base de cimento, contribui para a mitigação dos impactos sociais e ambientais causados pelo descarte deste material em aterros sanitários e “lixões” a céu aberto, já que, com esta aplicação, o descarte em seria reduzido. Ainda, este que oferece riscos às pessoas, pois tais materiais possuem grande dureza e lamina afiadas, o que pode gerar acidentes e, também, apresenta tempo elevado para se decompor naturalmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Lei nº 12305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 2 de agosto de 2010. Disponível em: Acesso em 15 set. 2017.
2. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. –In: Resoluções, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em 15 set. 2017.
3. DOURADOS NEWS. Apenas 1,3% de todo o lixo produzido em Dourados vai para reciclagem. Disponível em: <<http://www.douradosnews.com.br/dourados/apenas-1-3-de-todo-o-lixo-produzido-em-dourados-vai-para-reciclagem>>. Acesso em 15 set. 2017.
4. CAMARATE, David Jorge de Brito Lopes et al. Incorporação de vidro reciclado em betões: análise da influência do processo de amassadura no agregado reciclado de vidro. 2016. Dissertação de Mestrado.
5. CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br>>. Acesso em 15 set. 2017.
6. CRENTSIL, K. S., BROWN, T., TAYLOR, A., Recycled glass as sand replacement in premix concrete, Ed. Eco-Recycled Australia and CSIRO, 2001.
7. FERRARI, G.; JORGE, J. Materiais e Tecnologias. São Paulo: Universidade Bandeirantes. (Notas de aula). Disponível em: <<http://ebookbrowse.com/apostilaparte-1rev-materiais-pdf-d108975701>>. Acesso em: 15 set. 2017.
8. Gautam, S., Srivastava, V. & Agarwal, V. (2012). Use of glass wastes as fine aggregate in Concrete. (J. Acad. Indus. Res. Vol. 1). Acedido em 25 de maio de 2015 em http://jairjp.com/NOVEMBER_%202012/10%20GOWTHAM.pdf

9. Ismail, Z & Al-Hashmi, E. (2009). Recycling of Waste Glass as a Partial Replacement for Fine Aggregate in Concrete. (Department of Environmental Engineering, College of Engineering, University of Baghdad, Iraq). Acedido em 25 de maio de 2015 em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X0800281X>.
10. Malik, M, Bashir, M, Ahmad, S, Tariq, T & Chowdhary, U. (2013). Study of Concrete Involving Use of Waste Glass as Partial. (IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)). Acedido em 26 de maio de 2015 em de [http://www.iosrjen.org/Papers/vol3_issue7_%20\(part-6\)/B03760813.pdf](http://www.iosrjen.org/Papers/vol3_issue7_%20(part-6)/B03760813.pdf)
11. MARQUES NETO, José da Costa. Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil. São Carlos: Rima, 2005. 162 p.
12. MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosembach; DE SOUZA SELMO, Sílvia Maria. Desempenho de revestimentos de argamassa com entulho reciclado. EPUSP, 2001.
13. NBR, ABNT. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos-Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.
14. Oliveira, L; Gomes, J & Santos, P. (2008) – Avaliação de Desempenho da Substituição da Areia Natural por Areia de Resíduos de Vidro em Betões Estruturais. (Encontro Nacional Betão Estrutural, Guimarães, 5,6 e 7 de novembro).
15. SHAO, Y.; LEFORT, T.; MORAS, S.; RODRIGUEZ, D. Studies on concrete containing ground waste glass. Cement and Concrete Research. Elmsford, v. 30, n. 1, p. 91-100, 2000.