



1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

GRAMADO-RS

12 a 14 de junho de 2018

REVISÃO DE PARÂMETROS PARA AGREGADOS ORIUNDOS DO PROCESSAMENTO DE VIDROS RECICLADOS PARA APLICAÇÃO EM CONCRETOS

Christian Souza Barboza (*), Gabriela Sarti, Agleison Ramos Omido

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

RESUMO

Com a escassez de recursos naturais e a crescente necessidade de matéria prima para a produção de novas edificações, a incorporação de resíduos sólidos urbanos em concretos e argamassas de Cimento Portland se apresenta como uma alternativa apropriada para ambas as problemáticas. O presente trabalho apresenta uma revisão dos principais parâmetros a serem observados para a aplicação de agregados vítreos reciclados (AVR) em materiais cimentícios. A pesquisa estruturou-se a partir de uma revisão sistemática da literatura ligada ao tema, onde, as bibliografias foram agrupadas em três macrogrupos: as que abordavam considerações quanto às propriedades físicas do material; as que tratavam sobre as resistências mecânicas necessárias e, por último, as que analisaram as propriedades químicas que devem ser observadas para que a segurança das estruturas seja preservada. A partir da análise das normativas brasileiras ligadas à agregados destinados a concretos e argamassas, listou-se as principais características que devem ser avaliadas para se utilizar os agregados tradicionais e, adicionalmente, a partir dos trabalhos acadêmicos que abordavam as características específicas sobre os AVR, foram reunidos outros parâmetros a serem verificados. Constatou-se, a partir deste trabalho, que a maioria dos ensaios descritos pela NBR 7211 (ABNT, 2009) podem ser aplicados para caracterização dos agregados reciclados, entretanto, são necessários ensaios adicionais que abordem, principalmente, a sua forma, regularidade e composição química, já que, de acordo com vários autores, estes não se comportam, em sua totalidade, como inertes na mistura. Observou-se ainda, que, a maior parte dos estudos realizados sobre o assunto concentram-se na avaliação do comportamento dos concretos e argamassas produzidos com diferentes percentuais de AVR em sua fase endurecida, em contrapartida, apenas uma pequena parcela destas abordam o agregado vítreo reciclado em seu estado solto, ou seja, antes da produção dos traços.

PALAVRAS-CHAVE: PARÂMETROS FÍSICO-MECÂNICOS, AGREGADOS RECICLADOS, AGREGADO RECICLADO DE VIDRO.

ABSTRACT

With the scarcity of natural resources and the growing need for raw materials for the production of new buildings, the incorporation of municipal solid waste into concretes and Portland cement mortars presents itself as an appropriate alternative for both problems. The present work presents a review of the main parameters to be observed for the application of vitreous recycled aggregates (AVR) in cementitious materials. The research was structured from a systematic review of the literature related to the topic, where the bibliographies were grouped into three macrogroups: those that addressed considerations regarding the physical properties of the material; those that dealt with the necessary mechanical resistances and, finally, those that analyzed the chemical properties that must be observed so that the safety of the structures is preserved. From the analysis of the Brazilian regulations related to the aggregates destined to concretes and mortars, the main characteristics that must be evaluated to use the traditional aggregates and, additionally, from the academic works that approached the specific characteristics about the AVR, other parameters to be verified were collected. It was verified from this work that most of the tests described by NBR 7211 (ABNT, 2009) can be applied to characterize the recycled aggregates, however, additional tests that mainly address their shape, regularity and composition chemistry, since, according to several authors, they do not behave in their entirety as inert in the mixture. It was also observed that, most of the studies carried out on this subject concentrate on the evaluation of the behavior of concretes and mortars produced with different percentages of AVR in their hardened phase, in contrast, only a small part of these approach the vitreous aggregate recycled in its loose state, that is, before the production of the traces.

KEY WORDS: PHYSICAL-MECHANICAL PARAMETERS, RECYCLED AGGREGATES, AGGREGATED RECYCLED GLASS.

INTRODUÇÃO

Atualmente, tendo em vista a preservação dos recursos naturais e a lógica das cadeias produtivas em ciclo e, ainda, os estudos na área de logística reversa, a reciclagem de produtos mostra-se como importante ferramenta para o alcance de horizontes mais sustentáveis. Dentre os produtos mais consumidos e descartados ao redor do mundo, salienta-se os materiais vítreos, pois, considerando algumas das suas características mais relevantes como durabilidade, a versatilidade e a confiabilidade, este material, com produção relativamente simples apresenta-se como solução para transporte, consumo e ornamentação de outros produtos. Na construção civil a sua utilização concentra-se na produção de fachadas e elementos translúcidos de vedação.

O vidro reciclado tem praticamente todas as características do vidro inicial e o processo de reciclagem pode ser repetido várias vezes sem que o material perca suas características físico-químicas (LEMOS, 2012). A sua reutilização contribui para a preservação dos recursos naturais, reduzindo a extração das areias e evitando o descarte nos chamados “lixões”.

Transformando o vidro reciclado em agregado artificial (agregado vítreo reciclado – AVR), um gasto energético considerável é poupado, em relação à extração e britagem de rochas, já que se trata de um material mais frágil, que pode ser triturado com facilidade e que não necessita de ser extraído com o auxílio de explosivos ou outras formas mecânicas. A obtenção do vidro reciclado é feita basicamente através de separação em recipientes específicos que são instalados em cidades para reciclagem convencional do material pela indústria vidreira. A produção de vidro a partir de material reciclado consome menos energia que a mesma produção não contendo vidro reciclado. Do ponto de vista ambiental, a extração de matérias-primas é reduzida e as emissões de gases estufa tendem a ser mitigadas (CAMARATE, 2016).

Em países como Austrália e os Estados Unidos da América, por exemplo, já se utilizam, em grande escala o vidro moído oriundo do lixo em concretos para construção, tendo-se recomendações explícitas para a composição de materiais cimentícios. (CRENTSIL et al. 2001; MEYER et al., 1999). No Brasil, esta forma de valorização desse recurso ainda é pouco utilizada, já que os lixões são uma opção muito barata e a disponibilidade de matéria-prima para a produção de concretos e argamassas ainda é abundante. Entretanto, o cenário atual é bastante promissor para a utilização deste tipo de agregado, já que há um crescimento acelerado da utilização e descarte de materiais vítreos nos grandes centros urbanizados, ou seja, a incorporação do vidro reciclado é uma solução eficaz quanto à destinação destes resíduos. Para atender a esta crescente demanda, as pesquisas relacionadas ao tema se intensificaram ao longo do tempo (figura 1).

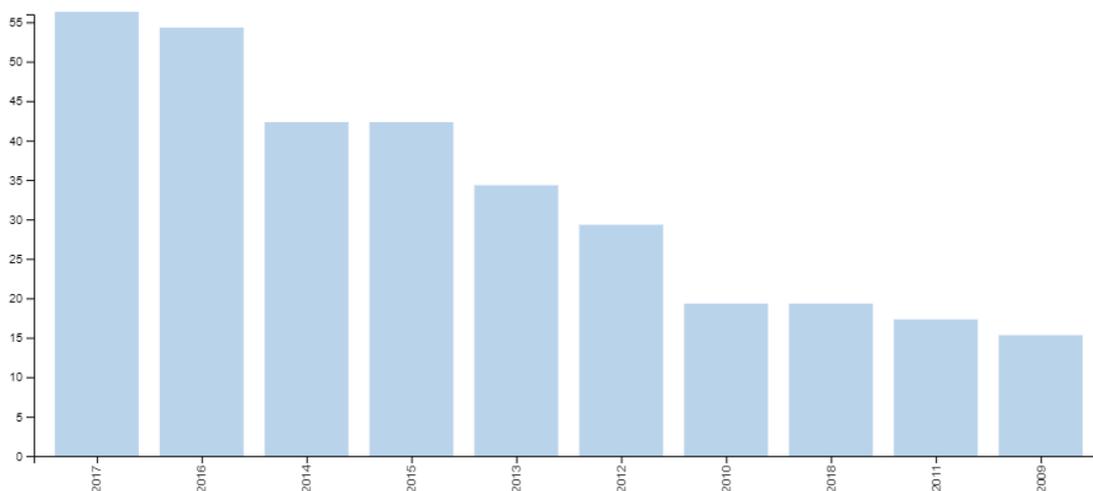


Figura 1. Evolução na quantidade de trabalhos sobre AVR ao longo do tempo
Fonte: <http://wcs-webofknowledge.ez31.periodicos.capes.gov.br/RA/analyze.do>

OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é verificar, a partir da bibliografia ligada ao tema, quais os principais parâmetros a serem mensurados para a aplicação de agregados de vidro reciclado (AVR) oriundo da moagem de vidro descartado.

METODOLOGIA

A estrutura do estudo baseou-se na ferramenta metodológica de revisão sistemática da literatura, onde, para reunir as propriedades físicas e mecânicas para materiais cimentícios confeccionados com substituição parcial de agregados oriundo do processamento de vidros, os trabalhos foram agrupados em três macrogrupos: Os que tratavam sobre propriedades físicas, as abordagens quanto à resistências mecânicas aceitáveis e as relações químicas a serem observadas para garantir a sua segurança estrutural.

A principal fonte de trabalhos acadêmicos se deu por meio de periódicos indexados ao gerenciador de publicações científicas Web of Science, por meio do Portal de Periódicos Capes. Sendo acessados ainda, livros, normatizações e manuais técnicos das áreas de materiais de construção civil, materiais cimentícios e Ciência dos Materiais.

Os resultados foram comparados entre si de maneira qualitativa, sendo caracterizadas as propriedades mais relevantes para se atestar a durabilidade e segurança de concretos produzidas com agregados reciclados de vidro.

RESULTADOS

As propriedades físicas, químicas e mecânicas de um material cimentício podem ser avaliadas em três fases distintas de seu processo produtivo, sendo elas: antes da mistura dos materiais, ou seja, a avaliação de parâmetros referentes a cada material que irá compor um concreto ou uma argamassa, esta fase é de vital importância para garantir as características físicas e mecânicas previstas para o material endurecido. Os agregados devem possuir capacidade de carga e retenção de umidade adequados, ainda, estes não devem apresentar reatividade química aparente ou em potencial; A segunda fase é a observação do comportamento dos materiais durante a mistura, o meio deve ser ideal para que as reações de hidratação e formação da rede de cristais, que irá envolver os agregados (endurecimento da pasta) aconteçam; A última fase do processo produtivo é o acompanhamento destes materiais em seu estado endurecido, estes devem apresentar resistências iniciais e finais que satisfaçam a previsão de suporte de carga preestabelecidas no estudo de traço para o material. A avaliação de suas características físicas faz-se importante para garantir, de maneira mais direta, a durabilidade esperada.

Propriedades mais relevantes para agregados segundo a nbr 7211:2005

A NBR 7211:2005 (Agregados para concreto – especificações) tem como objetivo descrever os padrões relativos ao controle de qualidade para a utilização de agregados miúdo e graúdo para concretos de cimento Portland. As tabelas 1 e 2 resumem, a partir da revisão da normatização brasileira, as principais características a serem avaliadas, para os agregados tradicionalmente utilizados em argamassas e concretos.

Tabela 1. Resumo dos parâmetros a serem observados para os agregados miúdos de concretos de cimento

Fonte: Adaptada NBR 7211:2005

Propriedades para agregados miúdos	Parâmetros para a fase 1: Estado solto (antes da mistura)
Distribuição granulométrica	Determinação dos limites granulométricos – zona ótima e utilizável para o material
Módulo de finura	Determinação dos limites granulométricos – zona ótima e utilizável para o material
Substancias nocivas (valores relativos à massa do agregado miúdo)	Torrões de argila e materiais friáveis 3.0%
	Materiais carbonosos, entre 0.5% a 1.0%
	Materiais pulverulentos, limite entre 3.0% a 5.0%
	Impurezas orgânicas, a solução deverá ser mais clara que a solução padrão (ensaio colorimétrico)
Reatividade álcali-agregado	Expansão máxima de 0,10% aos 14 dias de cura agressiva / Expansão máxima de 0,05% aos três meses / Expansão máxima de 0,10% aos seis meses
Teor de cloretos	Teores menores que 0.2% à 0.01% dependendo do tipo de concreto a ser dosado

Teor de sulfatos solúveis	Teores menores que 0.1%
Propriedades físicas	Massa específica
	Massa unitária
	Absorção de água
	Inchamento
	Teor de partículas leves
	Umidade superficial

Tabela 2. Resumo dos parâmetros a serem observados para os agregados graúdos de concretos de cimento Portland

Fonte: Adaptada NBR 7211:2005

Propriedades agregados graúdos para	Fase 1: Estado solto (antes da mistura)
Granulometria	Padrão aceitável para cada peneira
Índice de forma dos grãos	O índice de forma dos grãos do agregado deve ser menor ou igual a 3
Índice de desgaste por abrasão "Los Angeles"	A perda por abrasão deverá ser inferior à 50% em massa
Substancias nocivas (valores relativos à massa do agregado graúdo)	Torrões de argila e materiais friáveis – valores entre 1.0% a 3.0%
	Materiais carbonosos, entre 0.5% a 1.0%
	Materiais pulverulentos, limite de 1.0%
Propriedades Físicas	Massas específicas absoluta e aparente e absorção de água
	Ciclagem natural
	Ciclagem artificial água – estufa
	Ciclagem com etilenoglicol
	Teor de partículas leves
Propriedades mecânicas	Umidade total
	Módulo de deformação estático e coeficiente de Poisson de rochas
	Resistência ao esmagamento
	Desgaste por abrasão
	Resistência à compressão da rocha

Recomendações de parâmetros a serem observados a partir da revisão da literatura acadêmica

A tabela 3 reúne as características específicas, a partir da revisão da literatura, a serem verificadas adicionalmente para materiais vítreos reciclados quando pretende-se utilizar estes materiais em concretos, tais considerações são importantes para que se correlacione as condições ideais previstas para agregados de origem natural (areias e pedras britadas) com o AVR.

Tabela 3. Parâmetros a serem observados para os AVR quando classificados como agregados de concretos de cimento Portland

Fonte: Adaptado (PEREIRA, 2016; CAMARATE, 2016; SHAO et al., 2000)

Propriedades quando utilizados como agregado miúdo	Parâmetros para a fase 1: Estado solto (antes da mistura)
Índice de pozolanicidade	Teoricamente a adição do vidro como agregado miúdo aumentaria o índice de polozolanas na mistura, o que, na terceira fase, iria majorar-se a resistência final dos concretos.
Densidade	Valores próximos à 2500 Kg/m ³
Dureza	Valores próximos à 6,5 MOHS
Composição química	Análise da composição química dos agregados e observância de sua reatividade.
Capacidade de carga e modo de fatura	Por apresentar um alto índice de fragilidade, a forma que estes materiais se rompem é um importante fator a ser observado.
Arestas e Regularidade dos grãos	Os materiais, quando utilizado como agregado graúdo apresenta grande uniformidade e arestas pontiagudas, o que tende a gerar concentração de cargas junto a pasta que os envolvem, sendo este, um fator desfavorável para concretos produzidos com estes materiais.

Shao et al. (2000) relatam que devido à reação entre os álcalis presentes no cimento e a sílica reativa no vidro, o uso do vidro, como agregado graúdo no concreto, não é satisfatório, pois desencadearia uma perda de resistência e excessiva expansão no material. No entanto, estudos recentes têm mostrado que se as partículas de vidro possuírem um tamanho de partícula de, no máximo, 300 µm, a expansão induzida pela reação álcali-sílica pode ser reduzida.

A partir dessa consideração, Shao et al. (2000) pesquisaram a possibilidade de incorporação de partículas de vidro moídas, como substituição parcial do cimento, na produção de concretos. 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).

CONCLUSÕES

A partir da realização deste trabalho, constatou-se que a maioria dos ensaios preconizados pela NBR 7211:2005 são aplicáveis para se caracterizar os agregados provenientes da britagem de vidros reciclados, porém, ainda se faz necessário complementações, principalmente quanto à forma, regularidade e composição química destes materiais, pois, diferentemente dos agregados de origem natural, estes não são totalmente inertes na mistura. A maior parte dos estudos empíricos, onde se substituem total ou parcialmente os agregados naturais por AVR, concentram-se em avaliar o comportamento dos concretos na fase 3 (endurecidos) em comparação com um traço referência. Foram encontradas poucas pesquisas que abordam o AVR em seu estado solto, antes da mistura.



1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

GRAMADO-RS

12 a 14 de junho de 2018

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. 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.
4. CRENTSIL, K. S., BROWN, T., TAYLOR, A., Recycled glass as sand replacement in premix concrete, Ed. Eco-Recycled Australia and CSIRO, 2001.
5. LEMOS, Ellen. Diagnóstico da cadeia de Reciclagem de Embalagem de Vidro em Santa Catarina. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação).
6. MEYER, C., Y. Xi, J. Mater. in Civil Eng. ASCE 11, 2 (1999).
7. NBR, ABNT. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.
8. 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.
9. PEREIRA, Arthur Henrique. Avaliação da utilização de vidro comum como Pozolana e avaliação da utilização de sucata de vidro Temperado como agregado graúdo em concretos. Trabalho de conclusão de curso. Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. 2016.
10. 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.