

Resíduos de construção e demolição em tecnologia de concreto: uma revisão**Construction and demolition waste in concrete technology: a review**

DOI:10.34117/bjdv6n7-357

Recebimento dos originais: 15/06/2020

Aceitação para publicação: 15/07/2020

Guilherme Tavares de Melo Silva

Especialista em Produção e Gestão do Ambiente Construído pela Universidade Federal de Minas Gerais

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Bloco I, 3º andar, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, DEMC - Bairro Pampulha, Cidade Belo Horizonte – MG, Brasil

E-mail: guilherme_tavares05@hotmail.com

Carmen Couto Ribeiro

Doutora em Génie Civil pela École Nationale des Ponts et Chaussées

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Bloco I, 3º andar, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, DEMC - Bairro Pampulha, Cidade Belo Horizonte – MG, Brasil

E-mail: carmencoutobh@gmail.com

Sidnea Eliane Campos Ribeiro

Doutora em Engenharia de Estruturas pela Universidade Federal de Minas Gerais

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Bloco I, 3º andar, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, DEMC - Bairro Pampulha, Cidade Belo Horizonte – MG, Brasil

E-mail: sidnea@detc.ufmg.br

Danielle Meireles de Oliveira

Doutora em Engenharia de Estruturas pela Universidade Federal de Minas Gerais

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Bloco I, 3º andar, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, DEMC - Bairro Pampulha, Cidade Belo Horizonte – MG, Brasil.

E-mail: danielle@detc.ufmg.br

Wesley Silva de Oliveira

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Bloco I, 3º andar, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, DEMC - Bairro Pampulha, Cidade Belo Horizonte – MG, Brasil.

E-mail: wesleysoliveira@ufmg.br

Marys Lene Braga Almeida

Doutora em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas pela Universidade Federal de Minas Gerais

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Bloco I, 3º andar, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, DEMC - Bairro Pampulha, Cidade Belo Horizonte – MG, Brasil

E-mail: marys@demc.ufmg.br

RESUMO

Quantidades excessivas de resíduos de construção e demolição, resultantes do acelerado desenvolvimento industrial, são geradas anualmente em todo o mundo, provocando impactos ambientais, como o consumo excessivo de matérias-primas e energia, além de elevadas emissões de gases de efeito estufa. Nesse cenário, a busca pela sustentabilidade conduz à investigação de novos materiais a serem utilizados, a fim de preservar os recursos naturais e minimizar o descarte em aterros. Este trabalho apresenta um estudo de caráter investigativo sobre o desempenho de concreto com a utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição. Para tanto, foi feita uma compilação sucinta de pesquisas que versam sobre o uso de resíduos como materiais na tecnologia de concreto, a qual contribuirá para a disseminação de conhecimentos sobre as vantagens da adoção da reciclagem de resíduos e poderá incentivar novas perspectivas para as empresas. A literatura indica que os agregados de resíduos de construção e demolição são materiais sustentáveis viáveis na produção de concreto. No entanto, devido às relevantes propriedades do concreto, principalmente em aspectos concernentes à sua durabilidade, as pesquisas devem avançar para definir não só níveis de limiar em situações de uso de resíduos recicláveis, mas também critérios aceitáveis.

Palavras chave: Resíduos de construção e demolição, Reciclagem, Concreto, Sustentabilidade.**ABSTRACT**

Excessive amounts of construction and demolition waste, resulting from the accelerated industrial development, are generated annually worldwide, causing environmental impacts, such as the excessive consumption of raw materials and energy, in addition to high emissions of greenhouse gases. In this scenario, the search for sustainability leads to the investigation of new materials to be used, in order to preserve natural resources and minimize disposal in landfills. This work presents an investigative study on the performance of concrete using materials from construction and demolition waste. To this end, a succinct compilation of research was carried out on the use of waste as materials in concrete technology, which will contribute to the dissemination of knowledge about the advantages of adopting waste recycling and may encourage new perspectives for civil construction industries. The literature indicates that construction and demolition waste aggregates are viable sustainable materials in the production of concrete. However, due to the relevant properties of concrete, especially in aspects concerning its durability, research must move forward to define not only threshold levels in situations of use of recyclable waste, but also acceptable criteria.

Keywords: Construction and demolition waste, Recycling, Concrete, Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico conduz ao ritmo acelerado de construção e engendra uma crise ambiental global devido ao desperdício dos recursos naturais de fontes não renováveis e à geração de resíduos. A indústria da construção civil é uma das principais motivadoras da economia de qualquer nação, contribuindo de forma significativa para o crescimento do Produto Interno Bruto do país, porém é considerada como uma das maiores geradoras de resíduos do mundo (MARQUES *et al.*, 2020). Estatísticas recentes indicam que a demanda global por agregados de construção deverá aumentar de 45 bilhões de toneladas, em 2017, para 66 bilhões toneladas até 2025 (SILVA *et al.*, 2019).

Estima-se que mais de 10 bilhões de resíduos de construção e demolição (RC&Ds) são gerados em todo o mundo, causando uma série de impactos ambientais, como o consumo excessivo de matérias-primas e energia, além de elevadas emissões de gases de efeito estufa. A China é a maior fonte de geração de RC&Ds, com uma produção de mais de 2 bilhões de resíduos anualmente (WANG *et al.*, 2019). Para efeitos comparativos, em níveis continentais, por exemplo, na Europa, previu-se uma formação de 858 milhões de toneladas em 2014, representando 34,7% do total de resíduos gerados. No mesmo ano, somente os Estados Unidos, na América do Norte, deram origem a 534 milhões de toneladas de rejeitos, ou seja, o dobro da geração de resíduos sólidos urbanos (ROSADO *et al.*, 2019). No Brasil, essa estimativa é de 100 milhões de toneladas por ano. Além da quantidade, entretanto, é comum observar a prática de descarte dos RC&Ds em locais públicos, cursos de água e encostas, apesar de a legislação brasileira, desde 2004, ter regulamentado que tais resíduos não podem ser depositados em lixões a céu aberto (NUNES *et al.*, 2020).

A Diretiva-Quadro Resíduos (WFD) estabelece medidas destinadas a proteger o ambiente e a saúde humana dos impactos negativos decorrentes da produção e gestão de resíduos, bem como a melhorar a eficiência na utilização dos recursos naturais. A WFD determina um esclarecimento pormenorizado da hierarquia desses rejeitos, que torna a prevenção a principal prioridade de gerenciamento de resíduos, seguida pela preparação para reutilização, reciclagem, recuperação e, por fim, pelo aterro, como a opção menos favorável. Além disso, designa que todas as autoridades competentes estabeleçam um ou mais planos de gerenciamento de resíduos, extensível a todo o território geográfico (Sáez *et al.*, 2019).

Os cientistas, os governos e as indústrias esforçam-se de forma significativa na tentativa de minimizar os impactos negativos associados à formação de materiais residuais de construção e demolição. Alguns países que apresentam elevada porcentagem de resíduos efetivamente reciclados, tais como Holanda, Dinamarca e Alemanha, possuem uma política ambiental que premia

iniciativas cujo objetivo é o reaproveitamento e a reciclagem desses materiais. Na Holanda, por exemplo, a forma com que o governo atua para diminuir o desperdício e promover a reciclagem, atingindo níveis superiores a 80%, é aumentar de aproximadamente cinco vezes o limite tolerável das taxas para se disporem resíduos no meio ambiente (LOTURCO, 2004).

A União Europeia estabeleceu como meta para 2020 a reutilização de 70% de resíduos de construção e demolição, a fim de reduzir seu impacto no meio ambiente e na saúde humana, bem como melhorar a eficiência dos recursos disponíveis (GONZÁLEZ *et al.*, 2017). A reciclagem de resíduos de construção como agregados é uma alternativa para mitigar os efeitos nocivos ao meio ambiente e auxiliar a preservá-lo. Nesse contexto, pesquisadores de várias partes do mundo buscam discernir as viabilidades técnicas, econômicas e ambientais do uso de rejeitos de construção e demolição na fabricação de blocos estruturais.

ISLAM *et al.* (2019) citam que a reciclagem de RC&Ds é uma atividade empreendedora e uma oportunidade para extrair benefícios econômicos e ambientais desses materiais. Os pesquisadores mencionam ainda que a reutilização de resíduos de concreto e tijolo pode agregar valor econômico em torno de 45 milhões de dólares em relação aos usos de materiais convencionais, além de reduzir as emissões de CO₂, o uso de energia e recursos naturais, e a destinação destes a aterros ilegais.

A utilização de RC&Ds com alto teor de sílica e alumina, por meio do processo de geopolimerização, atrai a atenção de pesquisadores de todo o mundo. A literatura recente mostra que os resíduos de construção e demolição, como lodo de estações de tratamento de água, tijolo, concreto, produtos cerâmicos e sedimentos marinhos estão sendo incorporados com sucesso em produtos sustentáveis de geopolímeros, embora com desempenhos diferentes. Sendo assim, devido aos vários parâmetros na geopolimerização, as investigações devem avançar para definir níveis aceitáveis pelas normas (DADSETAN *et al.*, 2019), embora o uso dos resíduos na fabricação de blocos de concreto e assentamento de argamassa aparente ser tecnicamente viável para a construção de moradias populares e a pavimentação de estradas (LINTZ *et al.*, 2012).

Ademais, NETO *et al.* (2019) avaliaram as vantagens econômicas e ambientais da implementação da logística reversa para reciclar os rejeitos de construção e demolição. Os autores citam lucros expressivos das empresas estudadas e técnicas de reciclagem de resíduos, que contribuem para a redução desses materiais em aterros. Diante disso, o objetivo deste estudo foi investigar as viabilidades técnica, econômica e ambiental do uso de resíduos da construção e demolição na produção do concreto para que possam ser aproveitados em várias aplicações.

2 METODOLOGIA

O trabalho consistiu em uma pesquisa descritiva sobre reaproveitamento de resíduos de construção e demolição para a produção de concreto e, para tanto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura acerca da questão, evidenciando o estado da arte. Inicialmente, foram definidos para a pesquisa em bancos de dados conjuntos de palavras-chave, quais sejam: resíduos de construção e demolição, blocos de concreto, concretos geopoliméricos, bloco de concreto espumado, concreto aerado autoclavado e propriedades mecânicas do concreto. Na seleção dos artigos, privilegiaram-se as investigações do uso dos RC&Ds direcionadas à sustentabilidade ambiental e às viabilidades técnica e econômica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resíduo de construção e demolição apresenta composição química extremamente heterogênea, pois está relacionado com o tipo de construção civil, conforme evidenciam a Figura 1 e a Tabela 1.

Figura 1: Imagem de resíduos de construção e demolição em um canteiro de obras.



Fonte: Adaptado de Gálvez-Martos *et al.* (2020).

Tabela 1: Composição de resíduo de construção e demolição

Categoria de resíduo	Porcentagem (mínima – máxima)
Concreto e alvenaria	40 - 84
Concreto	12 - 40
Alvenaria	8 - 54
Asfalto	4 - 26
Compostos inorgânicos (minerais)	2 - 9
Madeira	2 - 4
Metal	0,2 - 4
Plásticos	0,1 - 2
Materiais diversos	2 - 36

Fonte: Adaptado de Gálvez-Martos *et al.* (2020).

Os estudos realizados por LINTZ *et al.* (2012) apontaram que, por meio dos testes de resistência à compressão em amostras cilíndricas, é possível substituir agregados provenientes dos recursos naturais por RC&Ds reciclados na fabricação de concreto. A absorção de água nos blocos de concreto aumentou conforme a porcentagem de agregados reciclados utilizada, porém os valores dos parâmetros resultantes atendem aos limites do padrão brasileiro para todas as dosagens estudadas. Portanto, pode-se asseverar que os resultados dos testes de resistência à compressão dos blocos comprovaram a viabilidade técnica dos produtos para usos na indústria de construção de alvenaria. Ressalta-se que a substituição de 50% de agregados naturais por resíduos permitiu a produção de blocos com resistência à compressão que atendessem às especificações da ABNT NBR 6136: 2016 da Classe B (Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos). Além disso, a investigação empreendida por DANIEL *et al.* (2019) retratou que a resistência à compressão de blocos vazados de concreto fabricados com substituição dos agregados naturais por diferentes porcentagens de RC&Ds atendeu à norma ABNT NBR 6136:2016, para os materiais com menores teores de substituição em massa de resíduo, classificados como classes B e C com função estrutural e com ou sem função estrutural, respectivamente.

FAVARETTO *et al.* (2017) reportaram o uso de RC&Ds, como substitutos de agregados naturais, e do agente espessante Amida 90 para a produção de bloco de concreto espumado. Os autores trabalharam com diferentes granulometrias de resíduos de construção e demolição – graúdos (4,75 mm – 1,18 mm), médios (1,18 mm – 0,6 mm) e miúdos (passantes na peneira de 0,6 mm) – para o desenvolvimento dos blocos. Ainda, deu-se consecução a diversos estudos de caracterização dos resíduos baseados nas normas: (i) composição granulométrica (ABNT NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica); (ii) determinação da massa específica ABNT NBR NM 52:2009 (Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente); (iii) variação do volume aparente ABNT NBR 6467:2009 (Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio); (iv) realização de Espectrometria de Fluorescência de raios X (FRX) para identificar os elementos químicos presentes na composição dos RC&Ds e a quantidade de orgânicos voláteis.

Os resultados de caracterização dos RC&Ds mencionados por FAVARETTO *et al.* (2017) mostraram que a granulometria e a composição química eram adequadas para o desenvolvimento de concreto espumado. De acordo com a norma brasileira NBR 7211:2019 (Agregados para concreto – especificação), os resíduos de construção e demolição com granulometria de distribuição média foram os mais apropriados para o desenvolvimento de blocos de concreto. Outrossim, a presença de diferentes materiais na composição dos RC&Ds, como madeira, isopor, vidro, tijolo e

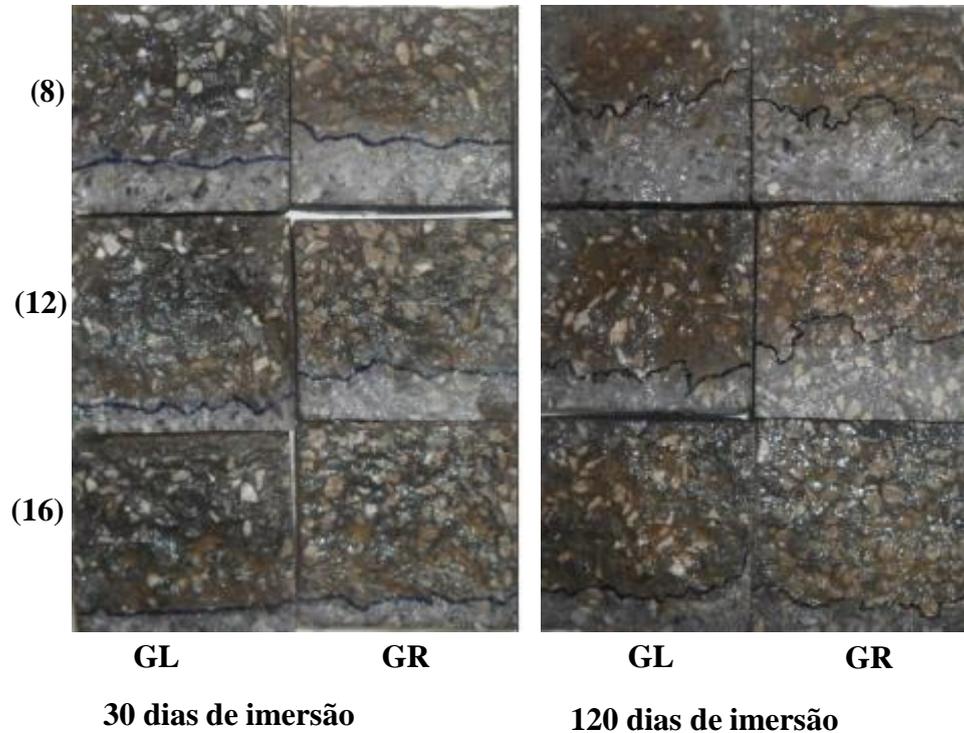
tinta, identificados nos ensaios de caracterização, poderia atuar de forma significativa nas propriedades dos blocos de concreto que foram produzidos. A elevada quantidade de madeira, por exemplo, apresenta-se capaz de favorecer a absorção de água e reduzir a resistência à compressão do bloco de concreto. O constituinte isopor no concreto pode contribuir na redução da densidade e melhorar a condutividade térmica; não obstante, pode também diminuir a resistência à compressão. Já a presença de vidro (partículas superiores a 100 μm) no concreto torna passível a indução de uma reação expansiva álcali-sílica, que ocorre entre os álcalis do cimento e a sílica do vidro, podendo levar a sérios problemas de fissuras e trincas, os quais comprometem a durabilidade do concreto e, conseqüentemente, a qualidade do bloco produzido. No entanto, os pesquisadores relataram que é viável a utilização dos rejeitos como agregados na fabricação de blocos de concreto espumado, o que contribuiria para a minimização do passivo da indústria da construção civil e para a redução da exploração dos recursos naturais.

GUNASEKAR *et al.* (2019) citam que o concreto produzido com RC&Ds reciclados apresenta ganho em relação a várias propriedades mecânicas e que, de acordo com a investigação, apenas o módulo de elasticidade e a deformação por contração exibiram valores inferiores aos desejáveis. Nesse contexto, não seria recomendável aplicar o concreto a elementos estruturais para os quais se poderiam esperar grandes cargas e deformações, bem como em condições ambientais agressivas.

SATA *et al.* (2020) relatam que o uso de resíduos de construção e demolição (concreto triturado, cinzas, pneus, vidro) como agregados pode ser uma alternativa exequível na produção de compósitos geopoliméricos, porém os estudos ainda são escassos. A utilização de resíduos e ligantes de geopolímeros como partes de substituto ao cimento Portland na fabricação de concreto será capaz de preservar significativamente os recursos naturais. É relevante salientar, contudo, que o concreto geopolímero produzido com RC&Ds pode apresentar maior volume de vazios, maior porosidade, comparado ao concreto convencional, o que facilita a absorção de água e penetração de cloretos. No trabalho, os autores investigaram a profundidade da penetração de cloretos em concretos de geopolímeros convencionais (GL) e de RC&Ds (GR) (Figura 2) imersos em um sistema com solução salina de cloreto de sódio (NaCl) durante 30 e 120 dias. Foi verificado que o íon cloreto possui a faculdade de penetrar mais profundamente no concreto geopolímero que contém agregados reciclados, em comparação com o convencional; entretanto, a presença de uma solução com alta concentração de hidróxido de sódio na produção do concreto geopolímero, atua de forma a minimizar a entrada de cloretos. Ademais, a elevada quantidade de silício e alumínio presente nos

RC&Ds favorece o processo de policondensação no sistema de geopolímeros e reduz a porosidade e entrada de cloretos.

Figura 2: Profundidade de penetração de cloretos nos concretos geopolimérico convencional e de resíduo de construção e demolição.



Fonte: SATA *et al.* (2020).

Enfim, os pesquisadores SATA *et al.* (2020) concluíram que os resíduos de construção e demolição podem ser usados como agregados em compostos geopoliméricos. Ocorre que, apesar de algumas propriedades mecânicas e de durabilidade do concreto geopolimérico de RC&Ds serem ligeiramente menores comparadas ao concreto tradicional, há uma melhoria em outras características com o uso dos materiais reciclados, como menor densidade e melhor isolamento térmico.

Nesse sentido, considera-se o uso de RC&Ds em geopolímeros um dos métodos mais econômicos e ambientalmente capazes para reduzir as emissões de CO₂, diminuindo a demanda pela produção de cimento Portland e agregados, e fornecendo uma solução apropriada para o descarte de resíduos. A adição de alguns materiais cimentícios suplementares, como cinzas volantes, metacaulim e escória granulada do alto forno aos geopolímeros, conduz a propriedades relativamente melhores do que o concreto cimentício convencional. Todavia, variáveis como composição química, propriedades físicas dos materiais de origem, tipos de concentrações de ativadores de álcalis e condições de cura têm efeitos notáveis nas propriedades dos geopolímeros.

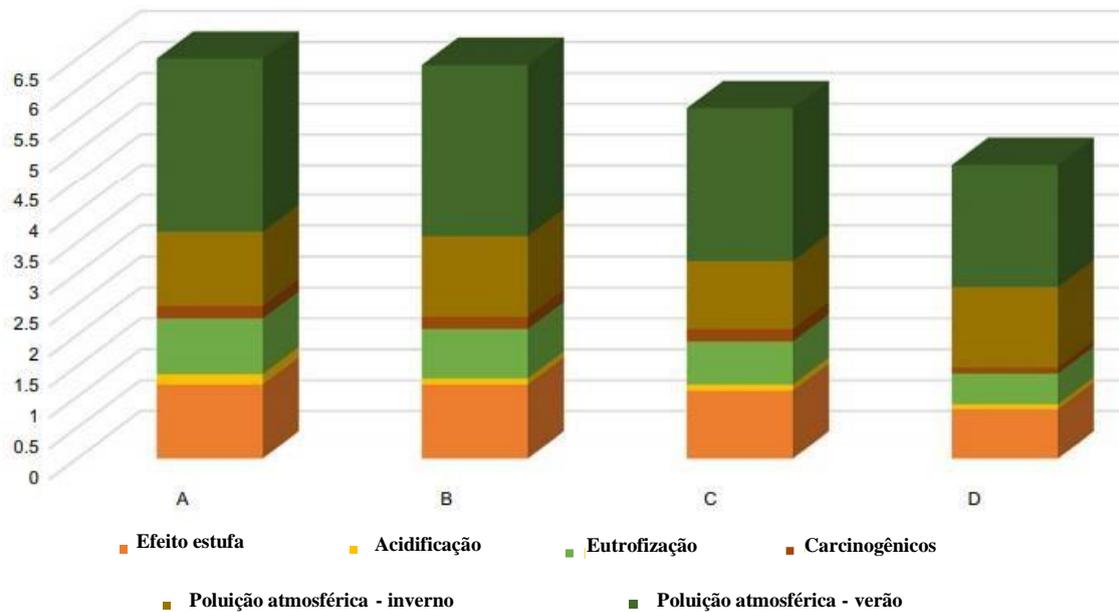
É importante destacar, ainda, que alguns parâmetros e características relevantes dos geopolímeros baseados em resíduos de construção e demolição não foram avaliados e precisam ser investigados (DADSETAN *et al.*, 2019).

HE *et al.* (2020) reportaram que o concreto aerado autoclavado (AACW) é um resíduo comum de construção e demolição, fabricado com cimento de baixa resistência, que atualmente está sendo descartado em aterros sanitários. Os pesquisadores investigaram a substituição do AACW por cimento em materiais de construções sustentáveis e relataram serem estes compostos alternativos eficientes para utilização, após o tratamento de moagem a úmido devido à importância do uso de partículas com baixas granulometrias. Sendo assim, como a emissão de CO₂ no processo de fabricação do cimento é reduzida e os custos da energia de consumo do tratamento do resíduo, além daqueles relacionados ao descarte, minimizados, depreende-se que a aplicação do AACW propicia benefícios ambientais e econômicos.

FARINA *et al.* (2020) investigaram concretos preparados com resíduos de construção e demolição trabalhados em diferentes porcentagens (10%, 40%, 80% e 100%) e compararam os impactos ambientais e energéticos relacionados à sua produção com os materiais desenvolvidos a partir de agregados naturais. Os resultados demonstraram que a mistura com agregados reciclados apresentou menores impactos à natureza, ao passo que as misturas feitas de agregados naturais, maiores consequências indesejáveis (Figura 3). Dessa forma, é perceptível que o concreto produzido com agregados naturais ocasiona maior impacto ambiental sobretudo quando se considera o consumo de reserva natural e de energia, e descarte do material em aterro após a sua vida útil. Por outro lado, misturas de concreto preparadas com RC&Ds mostraram um benefício ambiental significativo em função da reutilização dos resíduos, além disso, 85% do produto desenvolvido pode ser reciclado após a sua vida útil.

A partir dos resultados obtidos, foi possível constatar que, para todas as misturas avaliadas, considerando a necessária disposição total do aterro, evidenciaram-se as seguintes categorias de impacto: gases de efeito estufa, aquecimento global, buraco na camada de ozônio, acidificação, eutrofização, metais, agentes cancerígenos, fumaça de inverno, fumaça de verão, pesticidas, energia e resíduos sólidos, produção de gases de efeito estufa e poluição atmosférica no verão, como as mais afetadas. Acresça que, para as misturas preparadas com RC&Ds, o melhor desempenho ambiental foi registrado para uma substituição completa igual a 100%.

Figura 3: Comparação de concreto com agregados naturais (A) e concretos fabricados com resíduos de construção e demolição substituídos em 10% (B), 40% (C) e 80% (D) do total agregado.



Fonte: FARINA *et al.* (2020).

GAYARRE *et al.* (2020) relataram que os agregados naturais podem ser substituídos em até 35% por agregados cerâmicos reciclados sem retroceder suas propriedades de acordo com as normas: atestou-se a utilização dos RC&Ds com eficiência para o desenvolvimento de concreto usado na fabricação de vigas protendidas. Já BOSQUE *et al.* (2020) mencionaram que a durabilidade é uma grande preocupação em estruturas de concreto fabricado com materiais reciclados quando expostos a corrosão induzida por carbonatação, dadas as implicações sociais, econômicas, ambientais e de segurança. Por outro lado, os cientistas desenvolveram concreto com 25% e 50% de agregado reciclado e constataram que o coeficiente de carbonatação ficou abaixo de $4 \text{ mm/ano}^{0,5}$, indicativo de boa qualidade.

FRANCISCO *et al.* (2019) analisaram as propriedades de produtos de concreto intertravadas para pavimentação com RC&Ds em substituição a agregados graúdos. A incorporação do material ocorreu em frações de 20% a 100% em peso de RC&Ds para corpos de prova cilíndricos na tentativa de encontrar o teor ideal de substituição, de modo a preparar blocos de concreto pré-moldados. As propriedades dos produtos obtidos foram analisadas de acordo com as normas brasileiras para resistência à compressão e à absorção de água. No estudo, as amostras em que se verificaram os melhores desempenhos tiveram uma substituição de 20% do agregado natural pelos resíduos triturados, sendo que, após 28 dias de cura, apresentaram resistência à compressão mínima superior a 35 MPa, que é o limite estabelecido pela norma brasileira. Nesse contexto, a reutilização de

RC&Ds nesse tipo de produto levaria a uma consequência imediata na redução de resíduos acumulados incorretamente no meio ambiente e ensejaria práticas de menor consumo de matéria-prima na indústria da construção civil.

MARQUES *et al.* (2020) relatam que reciclados de resíduos de construção e demolição foram produzidos por processos de trituração e separados em faixas granulométricas distintas, resultando em materiais para serem utilizados em obras de canalização (Figura 4). Os produtos reciclados apresentaram menor custo comparados aos dos recursos naturais e evidenciaram propriedades similares aos convencionais, como a durabilidade. Os blocos de concreto desenvolvidos foram aplicados em obras de calçamento de parques onde foi utilizada areia reciclada como base para o assentamento (Figura 5).

Figura 4: Brita reciclada utilizada em obras de canalização.



Fonte: MARQUES *et al.* (2020).

Figura 5: Material reciclado utilizado em obra de calçamento.



Fonte: MARQUES *et al.* (2020).

4 CONCLUSÃO

Diante das considerações evidenciadas neste trabalho, os resíduos de construção e demolição podem ser usados como agregados na produção de concreto, contribuindo para a redução de passivo da indústria da construção civil e para a mitigação dos impactos ambientais. Com o uso dos RC&Ds, é possível reduzir o consumo da areia natural, que é um recurso finito cuja extração acarreta danos

ambientais sobretudo em leitos de rios e lagos. Outrossim, a adição de alguns materiais cimentícios suplementares, como cinzas volantes, metacaulim e escória granulada de alto forno, conduzem a propriedades relativamente melhores do que o concreto cimentício convencional. Todavia, variáveis como composição química, propriedades físicas dos materiais reciclados e condições de cura têm efeitos notáveis nas propriedades do concreto. Acresça que, a cura térmica desempenha uma função importante não só para aumentar a resistência do concreto, mas também para minimizar as deformações originárias da retração por secagem. O estudo sugere prosseguir na investigação de materiais não convencionais (RC&Ds) e na implementação de novas técnicas que possam melhorar as propriedades e, contudo, aumentar a durabilidade do concreto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Universidade Federal de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136:2016 - **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos**. Rio de Janeiro 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248:2003 - **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52:2009 - **Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6467:2009 - **Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio**. Rio de Janeiro 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211:2019 - **Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro 2019.
- BOSQUE, I.F.S.D.; HEED, P.V.D.; DE BELIE, N.; ROJAS, M.I.S.; MEDINA, C. Carbonation of concrete with construction and demolition waste based recycled aggregates and cement with recycled content. **Construction and Building Materials**, v. 234, p. 1-17, 2020.
- DADSETAN, S.; SIAD H.; LACHEMI, M.; SAHMARAN, M. Construction and demolition waste in geopolymer concrete technology: a review. **Magazine of Concrete Research**, v. 7, p. 1232-1252, 2019.
- DANIEL, W.K.; ANTUNES, E.G.P.; PIVA, J.H. Análise da resistência à compressão de blocos vazados de concreto fabricados com o uso de resíduos de construção e demolição (RCD). **Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil**, v.2, p.1-4, 2019.

FARINA, I.; COLANGELO, F.; PETRILLO, A.; FERRARO, A.; MOCCIA, I.; CIOFFI, R. LCA of concrete with construction and demolition waste. **Advances in Construction and Demolition Waste Recycling Management, Processing and Environmental Assessment**, p. 501-513, 2020.

FAVARETTO, P.; HIDALGO, G.E.N.; SAMPAIO, C.H.; SILVA, R.A.; LERMEN, R.T. Characterization and use of construction and demolition waste from south of Brazil in the production of foamed concrete blocks. **Applied Sciences**, v.7, p. 1-15, 2017.

FRANCISCO J.T.M.; SOUZA, A.E.; TEIXEIRA, S.R. Construction and demolition waste in concrete: property of pre-molded parts for paving. *Cerâmica*, v. 65, p.1-9, 2019.

GÁLVEZ – MARTOS, J.L.; ISTRATE, I.R. Construction and demolition waste management. **Advances in Construction and Demolition Waste Recycling. Management, Processing and Environmental Assessment**, p. 51-68, 2020.

GAYARRE, F.L., GONZÁLEZ, S.S.; PÉREZ, C.L.C.; LÓPEZ, M.A.S.; SIDDIQUE, R. Performance of concrete based on recycled brick aggregate. **Advances in Construction and Demolition Waste Recycling**, p. 321-337, (2020).

GONZÁLEZ, J.S.; GAYARRE, F.L.; PÉREZ, C.L.C.; ROS, P.S.; LÓPEZ M.A.S. Influence of recycled brick aggregates on properties of structural concrete for manufacturing precast prestressed beams. **Construction and Building Materials**, v. 149, p.507-514, 2017.

GUNASEKAR, S.; RAMESH, N.; SHIVANI, G. Effective Utilisation of Construction and Demolition Waste (Cdw) As Recycled Aggregate in Concrete Construction – A Critical Review. **International Research Journal of Multidisciplinary Technovation (IRJMT)**, v.1, p. 465-46, 2019.

HE, X.; ZHENG, Z.; YANG, J.; SU, Y.; WANG, T.; STRNADEL, B. Feasibility of incorporating autoclaved aerated concrete waste for cement replacement in sustainable building materials. **Journal of Cleaner Production**, v. 250, p. 1-49, 2020.

ISLAM, R.; NAZIFA, T.H.; YUNIARTO A.; UDDIN, A.S.M.S.; SALMIATI, S.; SHAHID, S. An empirical study of construction and demolition waste generation and implication of recycling. **Waste Management**, v. 95, p. 10-21.

LINTZ, R.C.C.; JACINTHO, A.E.P.G.A.; PIMENTEL, L.L.; GACHET-BARBOSA, L.A. Study of the reuse of construction residues in concrete employed by blocks manufacture. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v 5, p.1-8, 2012.

LOTURCO, B. A nova lei do lixo. **Revista Técnica**, (2004).

MARQUES, H. F.; RIBEIRO, C.C.; OLIVEIRA, D.M.; BAMBERG, P.; ALMEIDA, M.L.B. Reaproveitamento de resíduos da construção civil: a prática de uma usina de reciclagem no estado do Paraná. **Brazilian Journal of Development**, v.6, p. 21912-21930, 2020.

NETO, G.C.O.; CORREIA, J.M.F. Environmental and economic advantages of adopting reverse logistics for recycling construction and demolition waste: A case study of Brazilian construction and recycling companies. **Waste Management & Research**, v.37, p. 176-185, 2019.

ROSADO, L.P.; VITALE, P.; PENTEADO, C.S.G.; ARENA, U. Life cycle assessment of construction and demolition waste management in a large area of São Paulo State, Brazil. **Waste Management**, v. 85, p. 477–489, 2019.

SATA, V.; CHINDAPRASIRT, P. Use of construction and 19 demolition waste (CDW) for alkali-activated or geopolymer concrete. **Advances in Construction and Demolition Waste Recycling**, p. 385-403, 2020.

WANG, J.; WU, H.; TAM, V.W.Y.; ZUO, J. Considering life-cycle environmental impacts and society's willingness for optimizing construction and demolition waste management fee: An empirical study of China. **Journal of Cleaner Production**, v. 206, p.1004-1014, 2019.