



## Um estudo da viabilidade técnica do uso de agregados reciclados provenientes de resíduos da construção civil para confecção de blocos de vedação

A study of the technical feasibility of the use of recycled aggregate, from construction waste, for the production of fence blocks

Luan Domingues da Silva<sup>1</sup>  
Cláudio Oliveira Faria<sup>2</sup>  
Leonardo Fidélis Silva<sup>3</sup>  
Igor Jamar Campos<sup>4</sup>  
Raquel Sampaio Jacob<sup>5</sup>

### Resumo

Através do presente artigo objetiva-se analisar a aplicabilidade de blocos confeccionados com entulhos gerados da construção civil, como meio de amenizar os impactos ambientais gerados pelo despejo destes resíduos em locais inapropriados. Este artigo trata-se de uma pesquisa exploratória experimental que se baseia na investigação e análise de estudos científicos já concluídos e na realização de ensaios específicos com intento de constatar a viabilidade técnica das aplicações dos blocos, cuja matéria prima é o entulho da construção civil. Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados artigos e livros referentes ao assunto, o laboratório de Engenharia Civil da PUC-MG para a realização dos ensaios e as instalações da empresa Projetar Ladrilhos e Artefatos de Concreto para moldagem e produção dos blocos. Posteriormente aos resultados dos ensaios, foram realizadas explorações quantitativas e qualitativas a fim de aferir os resultados e então concluiu-se que o bloco de resíduos é inapropriado para uso estrutural ou de vedação, mesmo sendo similar em termos de resistência ao bloco tradicional.

**Palavras-chave:** Construção sustentável. Meio ambiente. Sustentabilidade. Construção civil. Blocos reciclados.

### Abstract

Through this current research, the authors aim to analyze the appliance of blocks manufactured with waste produced by construction industry as a way to reduce the environmental impacts created by the disposal of these construction wastes in unappropriated spots. This article is an experimental exploratory research that is based on the analysis and investigation of scientific studies and on specific laboratory tests that intend to realize the technical viability of the application of blocks which the raw material is the rubble from the building trade. For the development of this research, articles and books about the topic were referenced, the PUC-MG's Civil Engineering Lab was used for tests and the installations of the company Projetar Ladrilhos e Artefatos de Concreto were explored for modeling and production of the blocks. Afterwards the test results were held quantitative and qualitative analyses to assess these results and then concluded that the debris blocks is unappropriated for structural and sealing uses, even when its resistance is similar to traditional blocks resistance.

**Keywords:** Sustainable Construction. Environment. Sustainability. Civil Construction. Recycled Bricks.

Artigo recebido em 24 de Outubro de 2016 e aprovado em 30 de Agosto de 2017.

<sup>1</sup> Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. E-mail: lndomingues@outlook.com.

<sup>2</sup> Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. E-mail: claudio\_cma@hotmail.com.

<sup>3</sup> Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. E-mail: leofidelis.silva@gmail.com.

<sup>4</sup> Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. E-mail: igorjamar@gmail.com.

<sup>5</sup> Mestre e Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia da UFMG. E-mail: sampaiojacob@gmail.com.

## Introdução

O desenvolvimento exponencial da construção civil, influenciado por variáveis econômicas, políticas, sociais e demográficas, resultou em um aumento expressivo na geração de resíduos da construção civil<sup>6</sup> que, por sua vez, ocasionou impactos relacionados à destinação destes. Por conseguinte, de acordo com Brasil (2002), houve outorga de leis com o intuito de minimizar os efeitos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil como a Resolução CONAMA n. 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Em vista disso, conforme Lima Júnior; Pinto (2004), a indústria da construção civil vem progredindo devido à adoção de práticas de racionalização e otimização com emprego de tecnologias de materiais e de técnicas operacionais mais aprimoradas, empregadas na indústria objetivando viabilizar empreendimentos. Discordante a isso, Stachera (2007, p. 3) afirma que “apesar de uma maior preocupação ambiental, a indústria brasileira da construção civil está distante do que seria um processo que desenvolva produtos ecologicamente corretos”. Analogamente, Lima Júnior; Pinto (2004) estimam que a construção civil seja responsável por até 50% do uso de recursos naturais em nossa sociedade, dependendo da tecnologia utilizada. Já John (2000) salienta que alternativas sustentáveis estão sendo cada vez mais empregadas, devido à extinção dos recursos naturais no Brasil, onde o consumo de agregados somente para produção de concreto e argamassas é de 220 milhões de toneladas.

Lima Júnior; Pinto (2004) revelam estudos que indicam a produção de agregados com base no entulho gerando economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais, e que a partir do material do entulho é possível fabricar componentes com uma economia de até 70% em relação a similares com matéria-prima não reciclada. Neste âmbito, Belo Horizonte se destaca por estimular a operação das estações de reciclagem de entulho com o objetivo de transformar os resíduos da construção civil em agregados reciclados, podendo substituir a areia e a brita por elementos da construção sem fins estruturais. Tais estações estão em terrenos públicos localizados estrategicamente e recebem os resíduos transportados por caminhões e empresas de caçambas desde que apresentem, segundo Belo Horizonte (2007), no máximo, 5% de outros materiais como papeis, plásticos, metal, gesso, entre outros.

---

<sup>6</sup> Resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos. (BRASIL, 2002, p. 1).

Ding (2007) alerta que os métodos de avaliação de uso sustentável dos materiais na construção civil devem ser desenvolvidos para uso local, pois características regionais, como variações climáticas, nível de renda financeira, materiais de construção, técnicas locais e valores históricos regionais variam de acordo com cada região, alterando os sistemas de ponderação de avaliação. Neste sentido, Torgal; Jalali (2007) assinalam os seguintes materiais como contribuintes para maior sustentabilidade no emprego dos materiais de construção:

- Materiais obtidos a partir de resíduos;
- Materiais duráveis;
- Materiais obtidos a partir de fontes renováveis;
- Materiais reciclados;
- Materiais de baixo consumo de energia.

Estes materiais, de acordo com Kibert (2013), são chamados de ecológicos e durante a avaliação dos seus impactos ambientais são levadas em conta: sua origem natural ou artificial, a energia gasta em sua extração e/ou transformação, o transporte, a durabilidade, entre outros fatores.

Os resíduos da construção civil que, segundo Pinto (1999), correspondem a 54% dos resíduos sólidos urbanos em Belo Horizonte, eram desprezados anteriormente. Todavia, tornaram-se uma chance de retorno econômico para a empresa geradora, pois são considerados resíduos limpos por manterem disponibilidade de quantidades relativamente constantes e por apresentarem qualidade superior aos demais resíduos de pós-consumo. Estes resíduos apresentam um maior valor agregado por serem utilizados como matéria-prima direta na geração de energia, por serem reciclados ou, ainda, por serem reutilizados em processos produtivos.

## **1 Materiais e métodos**

Este artigo objetiva avaliar se o emprego de resíduos sólidos urbanos da usina de melhoramento de Belo Horizonte (BR-040) pode ser reaproveitado como alvenaria de vedação. Portanto, a presente investigação classifica-se como uma pesquisa experimental devido à sua natureza empírica de experimentação e observação em laboratório que, segundo Jung (2004), são características comuns deste tipo de pesquisa.

Os ensaios foram realizados no laboratório de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, localizado na cidade de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais.

Os materiais utilizados foram o cimento CPV – ARI, areia e brita provenientes de resíduos da construção civil processados pela estação de reciclagem de entulho da construção civil (Usina BR-040) da Prefeitura de Belo Horizonte.

Os blocos foram fabricados com auxílio das instalações da empresa Projetar Ladrilhos e Artefatos de concreto, localizada na Rua Ponta Grossa, 730, Milionários, Belo Horizonte. As dimensões foram definidas conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014), com valores descritos no Quadro 1.

**Quadro 1: Dimensões dos blocos de concreto**

Largura (mm)	Comprimento (mm)	Altura (mm)
190	390	190

Fonte: Elaborado pelos autores.

A moldagem dos blocos cumpriu a mesma metodologia da linha de produção da fábrica contribuinte a esta pesquisa, Projetar Ladrilhos e Artefatos de Concreto, e o traço de referência<sup>7</sup> empregado para fabricação dos blocos de concreto com resíduos da construção civil foi de 1:2,67:1,16:0,33 em volume.

A cura cumpriu-se no período de dois dias, mantendo os blocos em ambiente arejado sem a presença de luz e sob a cobertura de lonas a fim de evitar a perda rápida de umidade que são causas de fissuras.

A confecção dos blocos foi realizada através do misturador de concreto, da correia transportadora e da máquina de moldagem.

Inicialmente, foi adicionado o cimento CP V – ARI, a areia e a brita provenientes de resíduos da construção civil e água no misturador de concreto, conforme ilustrado na Figura 1a. Posteriormente, o concreto já misturado foi transferido para a máquina de moldagem (Figura 1c) por meio da correia transportadora (Figura 1b) e, finalmente, o bloco foi moldado de acordo com o molde comercial da empresa e retirado da máquina para ser curado (Figura 1d).

<sup>7</sup> O traço de referência foi definido de acordo com o estudo realizado por Hood (2006) e em consonância com as dosagens usualmente praticadas no mercado.

**Figura 1: Etapas de produção do bloco**



**a) Misturador de concreto; b) Correia transportadora; c) Máquina de moldagem; d) Blocos prontos.**  
**Fonte: Foto dos autores.**

Após a produção dos blocos de concreto, o ensaio de resistência à compressão, o qual indica a carga máxima axial que o bloco suportou antes de romper, foi realizado, pois esta carga é importante para determinar o tipo de aplicação em que o bloco deve ser inserido ou, até mesmo, para viabilizar a sua utilização. Aos sete dias foram ensaiados seis blocos para resistência à compressão, procedimento que foi baseado no processo descrito na norma NBR 12118 da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013). A Figura 2 mostra um dos blocos de resíduos da construção civil na prensa hidráulica para ensaio de resistência a compressão.

**Figura 2: Bloco de resíduos da construção civil na prensa para ensaio de compressão**



**Fonte: Foto dos autores.**

Assim como constatado por Abreu; Lopes *et al.* (2009), os blocos confeccionados por meio da construção civil dispuseram de aparência inicial próxima ao dos blocos tradicionais, não estando aparente a diversidade dos materiais utilizados como agregados.

## 2 Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados da tensão axial de ruptura dos blocos produzidos com resíduos da construção civil e dos blocos comuns comercializados.

**Tabela 1: Resultados**

Amostra	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Carga (tf)	7,6	10,9	11,7	13,2	14,5	16,1	7,5	9,0	10,9	11,0	11,3	12,7
$\sigma$ (MPa)	1,0	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	1,0	1,2	1,5	1,5	1,5	1,7
Bloco	Convencional						Eco bloco					
$f_{bk, est}$ (MPa)	1,0						1,0					

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014) classifica como classes A, B e C os blocos de concreto, conforme mostra a Tabela 2:

**Tabela 2: Resistência mínima a compressão**

Classe	Resistências características a compressão (MPa)
A	$\geq 6,0$
B	$\geq 4,0$
C	$\geq 3,0$

Fonte: ABNT (2014).

Onde:

Classe A: Para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo e com função estrutural.

Classe B: Para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo e com função estrutural.

Classe C: Para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo com ou sem função estrutural.

Como preconizado pela ABNT (2014), as amostras ensaiadas não conseguiram atingir a classe (C), na qual as resistências características à compressão  $f_{bk}$  devem possuir valor médio maior ou igual a 3,0 Mpa, conforme a Tabela 2. Portanto os dois tipos de blocos foram reprovados para serem utilizados como alvenaria não estrutural.

Ressalta-se, ainda, que quando comparado ao modelo comum ensaiado, a resistência característica à compressão do bloco de resíduos da construção civil teve um valor médio aproximadamente igual ao bloco de concreto convencional.

### **Considerações finais**

Após a análise dos dados obtidos através das experimentações, é possível afirmar que os blocos confeccionados através de resíduos da construção civil, provenientes da usina de melhoramento (BR-040) da Prefeitura de Belo Horizonte com dosagem de 1:2,67:1,16:0,33, não podem ser empregados na indústria da construção civil para quaisquer funções como estabelecido pela NBR 6136: *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria*, de 2014 por não possuir resistência característica mínima de 3,0 Mpa.

Em virtude da reprovação dos blocos, orienta-se para uma próxima pesquisa a experimentação de blocos confeccionados com diferentes dosagens do agregado graúdo proveniente dos resíduos da construção civil, assim como a realização de um controle tecnológico mais apurado acerca dos materiais constituintes dos Resíduos da Construção Civil (RCC) da usina explorada nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Sexta Edição. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. Terceira edição. 2014.
- ABREU, R.M., LOPES, R.W., AZRAK, R., SALVI, A.E.. Bloco de vedação com entulho. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2, 2009, **Anais...** São Paulo: 2009. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/2/R.%20M.%20Abreu%20-%20Resumo%20Exp.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2016.
- BELO HORIZONTE. Limpeza Urbana em Belo Horizonte: **Como descartar os grandes volumes de entulho?**. Disponível em: <[http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=amarbh&lang=pt\\_BR&pg=10265&tax=35376](http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=amarbh&lang=pt_BR&pg=10265&tax=35376)>. Acesso em: 18 out. 2016.
- BRASIL. 2002. Ministério do meio ambiente. Resolução CONAMA N° 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília. 17 de julho de 2002.
- DING, G. K. C. Sustainable construction – The Role of environmental assessment tools. **Journal of Environmental Management**, Austrália, 2007.
- HOOD, R. S. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.
- JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na Construção Civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- JUNG, C. F. Pesquisa & desenvolvimento. In: JUNG, Carlos Fernando. **Metodologia para pesquisa & desenvolvimento**: Aplicada a novas tecnologias, produtos e processos. Brasília: Axcel Books, 2004. Cap.8, p. 131-168.
- LIMA JÚNIOR, O. F.; PINTO, J. A. Aplicação do Conceito de Rede Logística Reversa na Construção Civil. CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 18, Campinas. **Anais...** Campinas, 2004, p. 1158-1168.
- KIBERT, C. J. Closing Materials Loops. In: KIBERT, Charles J. **Sustainable construction: Green building design and delivery**. 3. ed. United States, Cap. 11, p. 353 – 388, 2013.
- PINTO, T. P. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana**. 1999. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

STACHERA JÚNIOR, T. **Avaliação de emissões de CO<sub>2</sub> na construção civil**: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_sto\\_090\\_554\\_12351.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_090_554_12351.pdf)> Acesso em: 18 Out. 2016.

TORGAL, F. P.; JALALI, S. Construção sustentável: o caso dos materiais de construção. In: CONGRESSO NACIONAL “CONSTRUÇÃO”, 3, 2007, Coimbra. **Anais...** Coimbra. 2007. Disponível em: <<https://goo.gl/2xaTIu>> Acesso em: 03 Mar, 2012.