

RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADO MIÚDO RECICLADO EM CONCRETO PARA BLOCOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Resumo

A construção civil é vista como um dos principais setores econômicos do país, ao passo que é marcada pelo uso indiscriminado dos recursos naturais e produção acentuada de resíduos, contribuindo com consideráveis impactos negativos ao meio ambiente. Uma das maneiras de contornar essa situação é através da reciclagem e reaproveitamento do resíduo como agregado para concreto que além de contribuir para um descarte adequado, reduz a demanda e as consequências na extração de matéria-prima. Nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a substituição do agregado miúdo por Resíduo da Construção Civil (RCC) nas proporções de 5%, 10%, 15% e 20%, atentando-se em verificar o comportamento mecânico do concreto para possível uso na produção de blocos. Primeiramente, foram realizados os ensaios de caracterização dos materiais empregados. Em seguida foram produzidos corpos de prova, analisando as propriedades mecânicas aos sete dias de cura úmida por meio dos ensaios de resistência a compressão axial e absorção de água. Os resultados apontam uma redução nos valores de resistência à compressão e um acréscimo da absorção de água do concreto com o aumento da fração de resíduo. Os traços com 5%, 10% e 15% de substituição do agregado convencional pelo reciclado atingiram resistências superiores a 7 MPa, valor estabelecido como ideal para se relacionar com a resistência de 4,5MPa de blocos de alvenaria estrutural classe B, ao passo que apresentaram absorção média inferior a 9%, respeitando as considerações da ANBT NBR 6136:2016. Assim, torna-se viável a utilização dos concretos produzidos na produção de blocos de concreto para alvenaria com função estrutural, representando uma alternativa para a gestão dos resíduos.

Palavras-chave: Agregado reciclado, Alvenaria Estrutural, Concreto, Resíduo da Construção Civil.

Abstract

Civil construction is seen as one of the main economic sectors of the country, while it is marked by the indiscriminate use of natural resources and the sharp production of waste, contributing with considerable negative impacts to the environment. One of the ways to get around this situation is by recycling and reusing the waste as a concrete aggregate which, in addition to contributing to proper disposal, reduces the demand and consequences of raw material extraction. In this context, this research aims to evaluate the replacement of the small aggregate by Residue of Construction (RCC) in the proportions of 5%, 10%, 15% and 20%, attempting to verify the mechanical behavior of the concrete for possible use in block production. First, the characterization tests of the materials used were carried out. After that, 30 proof bodies were produced, analyzing the mechanical properties at the seven days of wet curing by means of axial

compressive strength and water absorption tests. The results indicate a reduction in the values of compressive strength and an increase of the water absorption of the concrete with the increase of the residue fraction. The traces with 5%, 10% and 15% of substitution of the conventional aggregate by the recycle reached resistances higher than 7,0 MPa, value established as ideal to relate to the resistance of 4,5 MPa of blocks of structural masonry class B, with an average absorption of less than 9%, respecting the ANBT NBR 6136/2016 considerations. Thus, it becomes feasible to use these traits in the production of masonry concrete blocks with structural function, representing a sustainable alternative for waste management.

key words: Recycled aggregate, Structural Masonry, Concrete, Construction Waste.

Introdução

O setor de Construção Civil sempre esteve ligado a questões relacionadas a perdas e desperdícios, gerando um grande volume de resíduos. O consumo desenfreado dos recursos naturais acarreta impactos ambientais em todas as etapas do processo como extração, produção dos materiais, construção, uso e demolição. Diante desse cenário, a sustentabilidade ganhou relevância no mundo das construções, fazendo com que os profissionais dessa área dediquem mais tempo e recursos para projetos com a finalidade de minimizar os impactos ambientais causados pelas obras, que começam desde a extração de matérias-primas até a produção e destinação final dos resíduos gerados.

Segundo Beltrame (2013), no Brasil são gerados 400 kg de entulho por habitante, incluindo os resíduos gerados na extração e processamento de materiais. Nesse contexto, pesquisas foram desenvolvidas por autores como Butler (2007), Sousa et al. (2002) e Carvalho (2013) com o objetivo de verificar a viabilidade de empregar os resíduos produzidos pela construção civil como matéria-prima para a fabricação de novos materiais utilizáveis, reinserindo-os na própria cadeia produtiva da construção.

Sousa et al. (2002) analisaram a utilização de agregados reciclados de RCC por meio do emprego de corpos de prova (10 x 20 cm) moldados em uma mesa vibratória. Para as composições de 30 e 50% de agregado reciclado na mistura, os autores notaram que grande parte dos resultados de resistência e absorção não atenderam o mínimo da norma.

Para Gomes e Favero (2015), é extremamente vantajosa economicamente a dispensa inadequada do entulho pela sua reciclagem. A realização de agregados com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados tradicionais.

Os resíduos de construção civil (RCC) são constituídos de restos de argamassa e concreto, materiais cerâmicos, metais, plásticos, madeiras, papéis e vidros. Os restos dos três primeiros, que normalmente são encontrados em maior volume, podem ser transformados em agregados para uso, por exemplo, em matrizes de solo-cimento, e a grande maioria dos outros resíduos pode ser reciclada (SOUZA, et al, 2008).

Simultaneamente a preocupação com a geração e descarte de resíduos da construção civil, existe a necessidade de controle e diminuição da extração de matéria prima natural, que

muitas vezes, é feita de forma exacerbada. Cita-se como exemplo, a extração da areia, produto básico na construção civil.

A areia é indispensável na construção em grandes centros urbanos, e por muitos anos foi explorada sem controle ou fiscalização, resultando na exaustão das jazidas minerais (MOLETTTO, 2005). De acordo com Annibelli (2006), a extração da areia ocorre próximo a fundo de vales e rios o que afeta diretamente as matas ciliares que existem nesses locais, modificando bastante o ecossistema daquela região.

Ao passo que cresce as possibilidades de utilização do resíduo da construção, principalmente como agregado reciclado, tem se notado uma maior evolução e utilização dos blocos de concreto para alvenaria. Segundo Franco (1988), a alvenaria com blocos de concreto no Brasil, vem sendo largamente empregada, principalmente em construções habitacionais, devido às suas vantagens técnicas e econômicas que garantem a racionalização da construção.

Para Fernandes (2016), os blocos de concreto para alvenaria, estrutural ou de vedação, são elementos pré-moldados de concreto produzidos em equipamentos manuais, pneumáticos ou hidráulicos, por meio de vibro compactação e extrusão imediata de uma mistura homogênea entre agregados graúdos e miúdos, cimento, água e eventualmente, aditivos.

Segundo Gonçalves (2001), o uso de agregado reciclado é mais adequado para a produção de concreto não estrutural, porém, é possível usar esse agregado para dosagem estrutural, desde que seja utilizado até 10% de fração graúda reciclado e cerca de 5% da fração miúda reciclada.

Diante da possibilidade de produzir blocos de concreto empregando como agregados, aqueles provenientes de resíduos da construção civil, o presente trabalho visa avaliar os efeitos da substituição parcial do agregado miúdo natural (areia) pelo agregado reciclado nas propriedades mecânicas do concreto nas proporções de 5%, 10%, 15% e 20%, valores geralmente empregados em concreto estrutural .

Metodologia

Buscando alcançar os objetivos desse trabalho, foi realizado as atividades de caracterização dos materiais, produção do concreto convencional e com substituição parcial do agregado miúdo pelo resíduo da construção civil e posterior avaliação das propriedades mecânicas.

Os materiais utilizados nesta pesquisa estão descritos a seguir:

- Cimento Portland CP V - ARI MAX;
- Agregado miúdo composto por areia;
- Agregado graúdo composto por brita 0;
- Resíduo da construção civil, obtido na cidade de Pombal;
- Água, obtida da rede de abastecimento de água do estado da Paraíba.

O resíduo utilizado para a substituição do agregado miúdo, oriundos de obras diversas, tanto de demolição quanto de construção, foi cedido pela Prefeitura Municipal de Pombal - PB

e transportado pela mesma até a Universidade Federal de Campina Grande - UFCG campus Pombal. O mesmo foi submetido ao processo de trituração por meio do triturador mecânico apresentado na Figura 1.

Figura 1 – a) Resíduo; b) Triturador mecânico.



Fonte: Autor, 2019.

Através da inspeção visual foi observado a presença de restos de concreto envolvidos por finos. Assim, o material foi passado na peneira de 4,75mm, visando obter a fração correspondente ao agregado miúdo, conforme ABNT NBR 7211/2009 – Agregados para Concreto – Especificação. A Figura 2 apresenta o resíduo antes e depois do processo de trituração e peneiramento.

Figura 2 – Processo de trituração do resíduo: a) Resíduo coletado; b) Resíduo triturado; c) Resíduo triturado e peneirado.



Fonte: Autor, 2019.

A Tabela 1 apresenta os ensaios realizados para caracterização dos materiais utilizados na produção do concreto.

Tabela 1 – Ensaios realizados para caracterização dos materiais.

Ensaio	Norma
Índice de Finura do cimento	NBR 11579/2013
Granulometria dos agregados	NBR NM 248/2003
Massa Unitária dos agregados	NBR NM 45/2006
Massa Específica dos agregados miúdos	NBR NM 52/2009
Massa Específica dos agregados graúdos	NBR NM 53/2010
Absorção de água dos agregados	NBR NM 30/2001
Absorção de água do concreto	NBR 9778/2009

Fonte: Autor, 2019.

Foram moldados 03 corpos de prova cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura para os ensaios de resistência à compressão e absorção de água todos aos 7 dias de cura úmida, para cada de teor de substituição da areia pelo RCC, totalizando 30 corpos de prova.

A correlação das propriedades mecânicas dos blocos com os corpos de prova é influenciada pelo formato geométrico. Assim, tendo como premissa uma resistência para produção de blocos de 4,5 MPa, foi calculado a resistência necessária dos corpos de prova cilíndricos através da Equação 1, de acordo com Prado (2006).

$$R_{cp} = \frac{R_{bloco} \times k \times A_{bruta}}{A_{liq}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

R_{cp} , é a resistência à compressão do corpo de prova em MPa;

R_{bloco} , é a resistência à compressão do bloco em MPa;

k , é o coeficiente de adequação devido a diferença geométrica entre o bloco e o corpo de prova, admitido como 0,9.

A_{liq} , é área líquida do bloco em cm²;

A_{bruta} , é a área bruta do bloco em cm².

Logo, a resistência a ser obtida para a produção dos corpos de prova deve ser superior ou igual a 7,0 MPa. Assim, foram produzidas misturas experimentais variando o consumo de cimento e a porcentagem de agregado graúdo/miúdo, visando obter uma proporção de argamassa adequada.

A Tabela 2 apresenta os traços e suas respectivas resistências à compressão axial aos sete dias.

Tabela 2 – Traço em massa.

Traço	Cimento	Agregado miúdo	Agregado graúdo	a/c	Resistencia à compressão (MPa)
T1	1	4,2	1,8	0,48	10,35
T2	1	5,6	2,4	0,5	7,5
T3	1	7	3	0,49	5,7

Fonte: Autor, 2019.

Os traços T1 e T2 apresentaram resistência superior a 7,0 MPa, valor que se relaciona com a resistência de blocos com função estrutural de 4,5 MPa, de acordo com a ABNT NBR 6136/2016. No entanto, tomou-se apenas o traço T1 como referência como meio de compensar, através do maior valor de resistência apresentado, outras variáveis que influenciam na relação da resistência entre o corpo de prova e o bloco que não foram consideradas por Prado (2006).

A Tabela 3 apresenta a quantidade de material utilizado por m³ para o traço de referência e para os traços com substituição.

Tabela 3 - Quantidade de material usado nos traços por m³.

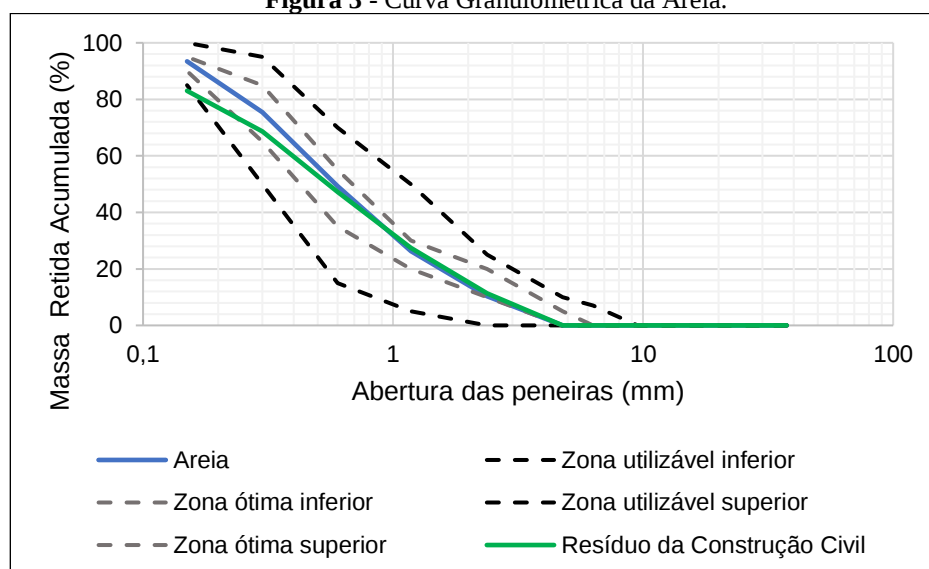
Traço	Cimento (kg)	Agregado miúdo (kg)	RCC (kg)	Agregado graúdo (kg)	Água (kg)
T1	320,8	1347,36	0	577,44	153,98
T5%	320,8	1279,99	67,37	577,44	153,98
T10%	320,8	1212,62	134,74	577,44	170,02
T15%	320,8	1145,26	202,10	577,44	170,02
T20%	320,8	1077,89	269,47	577,44	176,44

Fonte: Autor, 2019.

Resultados

O ensaio de determinação da composição granulométrica seguiu as especificações da ABNT NBR NM 248/2003 – Agregados – Determinação da Composição Granulométrica. As curvas granulométricas dos agregados miúdos com os limites da ABNT NBR 7211/2009 encontram-se apresentadas na Figura 3.

Figura 3 - Curva Granulométrica da Areia.

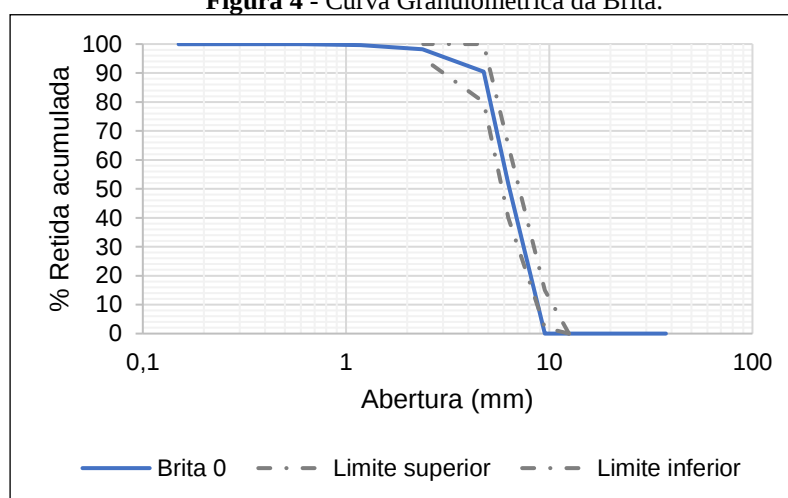


Fonte: Autor, 2019.

Tanto a areia com o resíduo enquadra-se na zona ótima, apresentando módulos de finura de 2,55 e 2,38, respectivamente, atendendo ao intervalo de 2,20 a 2,90, estabelecido pela ABNT NBR 7211/2009. Assim, a curva granulométrica do RCC se assemelha a curva granulométrica da areia, o que possibilita a substituição do agregado natural pelo reciclado, uma vez que os grãos de menores dimensões ocuparão os espaços deixados pelos grãos maiores, levando à uma mistura com menor índice de vazios.

A Figura 4 apresenta a curva granulométrica da brita.

Figura 4 - Curva Granulométrica da Brita.

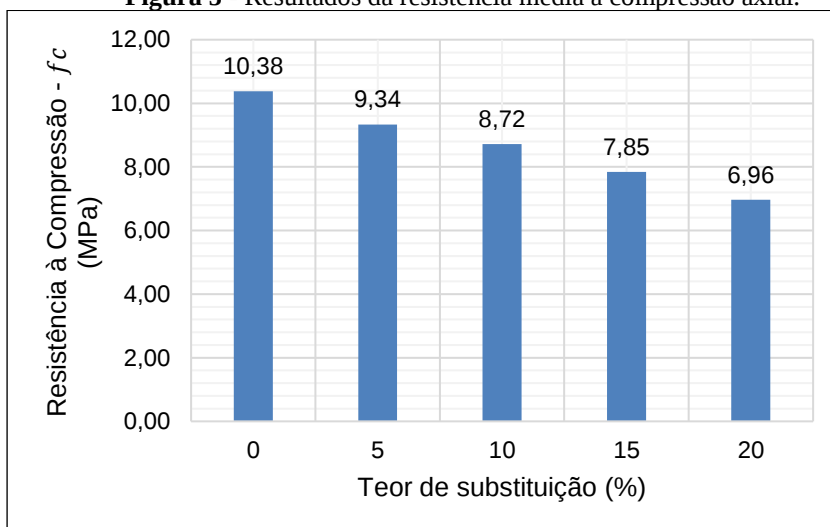


Fonte: Autor, 2019.

A curva granulométrica enquadrou-se dentro do limite estabelecido pela ABNT NBR 7211/2009. O agregado graúdo apresentou módulo de finura de 5,88 e dimensão máxima característica de 9,5 mm, o que reforça a classificação do mesmo como brita 0 (pedrisco).

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão axial dos corpos de prova cilíndricos aos sete dias com e sem substituições, conforme ABNT NBR 5739/2018, são apresentados na Figura 5.

Figura 5 - Resultados da resistência média à compressão axial.



Fonte: Autor, 2019.

Percebe-se que ocorreu uma redução da resistência à compressão em relação ao traço de referência, com o aumento do teor de substituição do agregado natural pelo reciclado. Apesar disso, os traços com substituição da areia pelo RCC nas porcentagens de 5%, 10%, e 15% atingiram a resistência à compressão de 7,0 Mpa, necessário para produção de blocos com resistência de 4,5MPa atendendo as exigências da ABNT NBR 6136/2016. Com exceção apenas do traço com 20% de substituição que apresentou resistência inferior a desejável.

Os resultados de absorção, realizados conforme ABNT NBR 9778/2009, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados da Determinação da Absorção dos Corpos de Prova.

Traço	T1	T5%	T10%	T15%	T20%
Absorção (%)	6,42	6,94	7,61	8,40	8,26

Fonte: Autor, 2019.

A análise dos resultados revela uma tendência de aumento da absorção de água dos corpos de prova com maiores teores de substituição de agregado miúdo natural pelo reciclado. Esse comportamento se deve ao fato de que o resíduo da construção civil proporciona ao concreto uma maior porosidade, comprometendo a resistência e a durabilidade.

Observa-se também que todos os teores de substituição do RCC apresentaram valores médios inferiores a 9% e valores individuais menores que 10%. Logo, atenderam às especificações da ABNT NBR 6136/2016, viabilizando a substituição do agregado miúdo natural pelo resíduo da construção civil.

Considerações Finais

As curvas granulométricas dos agregados naturais e reciclado evidenciaram materiais com granulometria contínua, uma vez que se enquadraram nos limites ótimos estabelecidos pela ABNT NBR 7211/2009, fator considerado positivo para produção de blocos de concreto, devido ao melhor arranjo entre as partículas.

A análise dos resultados de resistência à compressão axial com sete dias de cura, indicaram um decréscimo nessa propriedade com o aumento do teor de substituição do resíduo nas proporções de 5%, 10%, 15% e 20%, sendo que este último apresentou resistência um pouco inferior a estabelecida de 7,0 MPa, valor que se relaciona com a resistência do bloco estrutural classe B, de 4,5 MPa, conforme a ABNT NBR 6136/2016.

Quanto à absorção de água, os resultados confirmam o esperado crescimento na capacidade de absorção com o aumento da fração de resíduo, devido a maior porosidade do material reciclado. Apesar disso, todos os valores médios de absorção foram inferiores a 9%, atendendo as especificações da ABNT NBR 6136/2013.

Face ao exposto, considera-se tecnicamente e ambientalmente viável a utilização de RCC como substituto parcial do agregado miúdo na produção de concreto para blocos estruturais, contribuindo para preservação do meio ambiente e dos recursos naturais, bem como na expansão do processo de reciclagem de resíduos.

Referências

ANNIBELLI, M. B. **Mineração de areia e seus impactos sócio-econômico-ambientais**. In: Congresso Nacional do Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Direito. **Anais...** Manaus: CONPEDI. p.4205-4217, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Bloco vazado de concreto vazado para alvenaria estrutural. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto: Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 248**: Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM 45**: Agregados: Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo: Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo: Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 11579**: Cimento Portland: Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 5739**: Concreto: Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e Concretos Endurecidos – Determinação da Absorção de Água por Imersão – Índice de Vazios e Massa Específica. Rio de Janeiro, 2009.

BELTRAME, E. de S. **Meio Ambiente na Construção Civil**. 2013. Disponível em: <http://www.eduardo.floripa.com.br/download/Artigo_meio_ambiente.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2019.

BUTTLER, A. M. **Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural**. 2007. 535 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

CARVALHO, E. V. **Utilização do resíduo da retífica de cerâmica de revestimento na produção de concreto para pavimento intertravado**. 2013. 161 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Estadual de Campinas, Limeira - SP, 2013.

FERNANDES, I. **Blocos e Pavers: Produção e Controle de Qualidade**. 7. ed. Ribeirão Preto: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2016. 200 p.

FRANCO, L. S. **Desempenho da alvenaria à compressão**. Boletim Técnico n. 20 –Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo: EPUSP, 1988. 14 p.

GOMES, Kauana; FAVERO, Marina. **Transformando entulhos da construção civil em novos produtos**. 2015. Disponível em: <<https://jornalismo3periodo.wordpress.com/2015/06/28/transformando-entulhos-da-construcao-civil-em-novos-produtos/>>. Acesso em: 10 mai. 2019.

GONÇALVES, R. D. C. **Agregados reciclados de resíduos de Concreto – um novo material para Dosagens estruturais**. 2001. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Estrutural) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.

MOLETTA, I. M. **Área degradada pela extração de areia: Um estudo da derivação da paisagem no bairro do Umbará**. 2005. 118 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MONTEIRO, J. H. P. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. 204 f. Rio de Janeiro, IBAM, 2001.

PRADO, D. M. **Propriedades físicas e mecânicas de blocos estruturais produzidos com agregados reciclados de concreto**. 2006. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.

SOUSA, J. G.; BAUER, E.; SPOSTO, R. M. Blocos de concreto produzidos com agregados provenientes da reciclagem de resíduos gerados pela construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Paraná: ANTAC, 2002.

SOUZA, M. I. B.; SEGANTINI, A. A. S.; PEREIRA, J. A. **Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.12, n. 2, p. 205–212, 2008.