



ANÁLISE DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO COM UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS

Gabriel Schaan Chiele⁽¹⁾; Juliana Giazzon Cavalli⁽²⁾; Maira Machado Vogt⁽³⁾; Morgane Bigolin⁽⁴⁾; Angela Gaio Graeff⁽⁵⁾; Luiz Carlos Pinto da Silva Filho⁽⁶⁾

(1) UFRGS – gabrielchiele@gmail.com; (2) UFRGS – julianagiazzon@gmail.com; (3) UFRGS – mairavogt@gmail.com; (4) UFRGS – morgane.b@gmail.com; (5) UFRGS – angel.graeff@gmail.com; (6) UFRGS – lcarlos66@gmail.com

RESUMO

A inovação e a tecnologia trazem evidentes benefícios à construção civil, entretanto também suscitam novos desafios em relação às questões ambientais, que muitas vezes são desconsideradas no processo. O entulho gerado nas construções é frequentemente descartado de forma irregular, configurando-se em um problema para as cidades, sendo necessária a busca de soluções para amenizar esta problemática. Uma das alternativas é a reciclagem dos Resíduos de Construção e Demolição como forma de agregados para uso em artefatos de concreto. Nesse sentido, a parceria da UFRGS com a ONG Solidariedade busca reaproveitar estes resíduos como agregados reciclados para a produção de blocos de concreto. Assim, a Universidade fornece a assessoria técnica a fim de que os blocos atendam aos requisitos das normativas. Este artigo apresenta os resultados de análise dimensional, resistência à compressão e absorção em relação aos blocos de concreto produzidos. Os resultados dos ensaios se mostraram positivos e promissores tanto para a utilização dos agregados como para comercialização dos blocos de concreto com função de vedação. Esta pesquisa torna-se importante uma vez que apoia o trabalho realizado na ONG, visando gerar trabalho e renda, incentivando a prática do desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Resíduos de Construção e Demolição, Sustentabilidade, Bloco de concreto, Agregado reciclado.

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF THE PRODUCTION OF CONCRETE BLOCKS USING RECYCLED AGGREGATES

ABSTRACT

Innovation and technology bring clear benefits to civil construction, however, they also raise new challenges concerning environmental issues, which are often ignored in the process. The waste generated in the constructions is often discarded in an irregular way, becoming a problem for the cities, being necessary the search of solutions to mitigate this problem. One of the alternatives is the recycling of Construction and Demolition Waste as a form of aggregates for use in concrete artifacts. In this sense, the partnership between UFRGS and the NGO Solidariedade seeks to reuse these wastes as recycled aggregates for the production of concrete blocks. Thus, the university provides technical advice in order for the blocks to comply the regulations requirements. This paper presents the results of dimensional analysis, compressive strength and blocks absorption in relation to concrete blocks produced. The results of the tests were positive and promising both for the use of the aggregates and for commercialization of concrete blocks with a sealing function. This research becomes important since it supports the work carried out in the NGO, aiming to generate work and income, encouraging the practice of sustainable development.

Key-words: Construction and Demolition Waste, Sustainability, Concrete block, Recycled aggregate.



1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é o principal indicador de crescimento da economia nacional. Em contrapartida, o setor também é responsável por um alto consumo de recursos naturais, contribuindo para degradação do meio ambiente. Além disso, em 2017, segundo o Panorama de Resíduos Sólidos emitido pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 62,85% da totalidade de resíduos sólidos urbanos produzidos no Brasil provinham da construção civil - são 45 milhões de toneladas produzidas por ano (ABRELPE, 2017).

Atualmente incentiva-se o reaproveitamento de resíduos dentro do próprio setor de construção civil como alternativa sustentável. São vários os estudos a respeito da aplicabilidade destes resíduos como agregados para argamassa e concreto não-estrutural. Carneiro (2005) e Paula (2010), em suas análises, verificam a viabilidade de produção de artefatos de concreto a partir de agregados de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) para fins não-estruturais. Nos estudos de Mesquita (2015) e Gomes (2018), assegura-se a possibilidade de utilização de RCD em substituição a agregados naturais em blocos de concreto.

Visando esta problemática, em Porto Alegre criou-se através da ONG Solidariedade uma possibilidade para reuso dos RCDs. A demanda surgiu após ser estabelecida a Lei Municipal nº 10.531 que proibiu a circulação de veículos com tração animal em Porto Alegre e carroceiros passaram a enfrentar ainda mais dificuldades. Criou-se então o Centro de Transformação Sócio Ambiental (CTSA), projeto que engloba a produção e comercialização de blocos de concreto para alvenaria de vedação fabricados a partir de RCD com o intuito de oferecer uma possibilidade de renda para essas famílias.

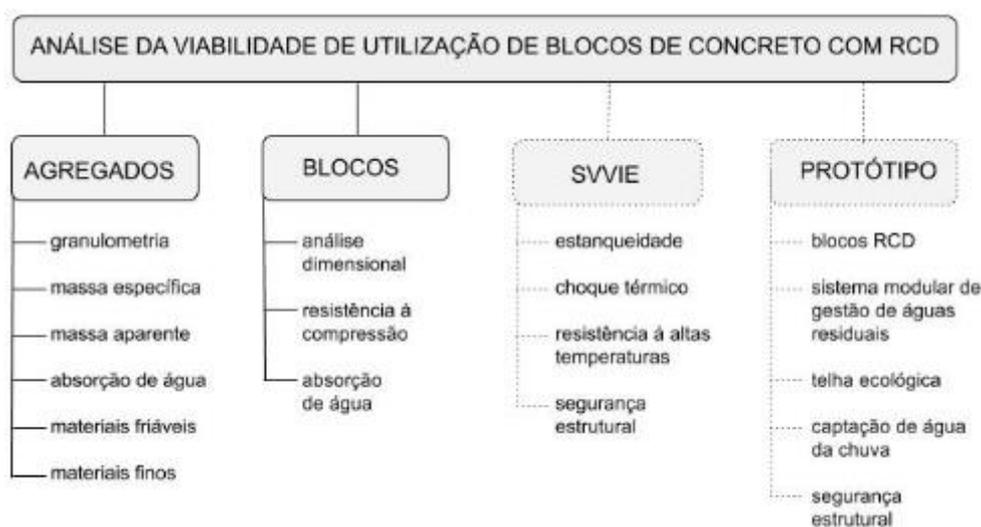
Desde 2009 a UFRGS oferece apoio científico e tecnológico à ONG Solidariedade a fim de viabilizar e certificar o produto possibilitando sua comercialização. Através do projeto Morar.TS, objetivou-se capacitar os cooperativados para a produção de blocos de concreto com RCD. Após a realização de cursos, teve início a produção dos blocos no galpão da ONG Solidariedade e os ensaios técnicos realizados pela equipe UFRGS no Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais (LEME). Dessa forma, o objetivo da presente pesquisa foi apresentar os resultados as características físicas e propriedades mecânicas de blocos vazados de concreto produzidos pela cooperativa e com utilização de agregados RCD em substituição a agregados naturais.



2. MATERIAIS E MÉTODOS

São apresentados os resultados dos ensaios previstos na norma NBR 15116 (ABNT, 2004) para agregados de RCD e na norma NBR 6136 (ABNT, 2016) referentes à blocos de concreto. A Figura 1 apresenta um organograma da pesquisa completa que, além da avaliação do agregado e dos blocos, inclui análise do desempenho desses blocos em Sistemas de Vedações Verticais. Ainda, é previsto construção de um protótipo de banheiro ecológico que, além dos blocos RCD, utilizará outras técnicas e materiais sustentáveis.

Figura 1 – Organograma da pesquisa



Fonte: Autoria própria

2.1 Produção dos Agregados

Os RCDs utilizados para a fabricação dos agregados são classificados segundo a resolução nº 307, do CONAMA como de Classe A. O fornecimento dos RCD é obtido de maneira autônoma através de doações locais e carroceiros da região, o que explica a sua variabilidade.

Após o recebimento, os materiais são segregados e o resíduo então é imediatamente processado. Na Figura 2, visualizam-se os equipamentos para britagem na ONG e o material beneficiado que é armazenado em pilhas ao ar livre, diretamente sobre piso de concreto.



Figura 2 – Esteira com britador e armazenamento dos agregados



Fonte: Autoria própria

Após passar pelo britador, o material segue através de esteira para as peneiras, onde é segmentado em 4 subprodutos, relacionados a seguir, segundo NBR 9935 (ABNT, 2011): areia artificial, pedrisco - agregado graúdo (passante na peneira 12,5 mm e ficam retidos na malha de 4,75 mm); finos - material granular que passa na peneira com abertura de malha de 150 μ m; agregado graúdo com granulometria acima de 12,5 mm (não utilizado na produção dos blocos).

Apesar da norma supracitada determinar que a separação entre o agregado miúdo e o agregado graúdo seja feita com a peneira com abertura de malha de 4,75 mm, para a produção dos blocos na CTSA utiliza, na prática, a peneira de malha 2,36 mm para fazer essa separação. Porém, ressalta-se que, para os ensaios, os agregados foram separados seguindo a terminologia indicada pela NBR 9935 (ABNT, 2011).

2.2 Blocos

Os blocos de concreto produzidos na cooperativa caracterizam-se como tipo vazado de 3 furos, com dimensões nominais de 14×19×39 cm e visa-se enquadrá-los segundo a NBR 6136 (ABNT, 2016) como Classe C – com ou sem função estrutural para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo. Na Figura 3, visualiza-se a vibro prensa utilizada atualmente para produzir os blocos de concreto.



Figura 3 – Vibro prensa pneumática e blocos de concreto



Fonte: Autoria própria

A relação água/cimento é mantida em 0,6 pois a diminuição do uso de água, apesar de aumentar a resistência dos blocos, afeta o agrupamento dos agregados e impossibilita o desenforme correto dos blocos. O corrente traço em utilização na cooperativa é 1:3:2 (cimento: agregado miúdo: agregado graúdo). Para possibilitar a comparação entre o desempenho da utilização de apenas agregado RCD e de traços com substituição parcial de agregado natural foi mantido a mesma proporção nos blocos A, B e C.

Para facilitar a compreensão dos resultados apresentados, considerou-se, na Tabela 1, a terminologia adotada pela cooperativa para a caracterização de traço dos blocos A, B e C, sendo o agregado miúdo definido como material passante na peneira de malha 2,36 mm e retido na peneira de malha de 150 µm e o agregado graúdo definido como material retido na peneira de malha 2,36 mm.

O bloco A é composto na sua totalidade por agregado reciclado. O processo de britagem do entulho gera agregado graúdo em maior quantidade em relação ao agregado miúdo. Diante disso, visando a melhoria do processo de logística, para o bloco B optou-se por substituir $\frac{1}{3}$ de agregado miúdo reciclado por areia natural. Para o bloco C, além da substituição deste $\frac{1}{3}$ no agregado miúdo, substituiu-se também $\frac{1}{3}$ de agregado graúdo reciclado por agregado graúdo natural, este, derivado de ardósia. A Tabela 1 discrimina as proporções de agregado adotadas para cada bloco.

Tabela 1 – Proporções de agregado dos blocos de concreto

Bloco	Cimento	Agregado miúdo		Agregado graúdo		Relação água/cimento (a/c)	Agregado RCD
		RCD	Natural	RCD	Natural		



A	CP IV-32	100%	-	100%	-	0,6	100%
B	CP IV-32	66%	33%	100%	-	0,6	80%
C	CP IV-32	66%	33%	66%	33%	0,6	66,66%
Traço	1	3		2		0,6	

Fonte: Autoria própria

2.2.1 Ensaio

A caracterização dos agregados foi realizada conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2004) referente à composição granulométrica; a NBR NM 53 (ABNT, 2009) referente à massa específica, massa aparente e absorção de água do agregado grúdo; a NBR NM 52 (ABNT, 2009) referente à massa específica e massa aparente do agregado miúdo; a NBR NM 30 (ABNT, 2001) referente à absorção de água do agregado miúdo; a NBR 7218 (ABNT, 2010) referente ao teor de torrões de argila e materiais friáveis; e a NBR NM 46 (ABNT, 2003) referente ao teor de material passante na malha 75 µm.

Os ensaios com os blocos de concreto foram realizados com o intuito de verificar a qualidade dos blocos para alvenaria de vedação vertical através dos métodos de ensaio descritos na NBR 12118 (ABNT 2013) e visando atender aos requisitos mínimos da norma NBR 6136 (ABNT, 2016) para dimensões nominais, absorção de água e resistência à compressão dos blocos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

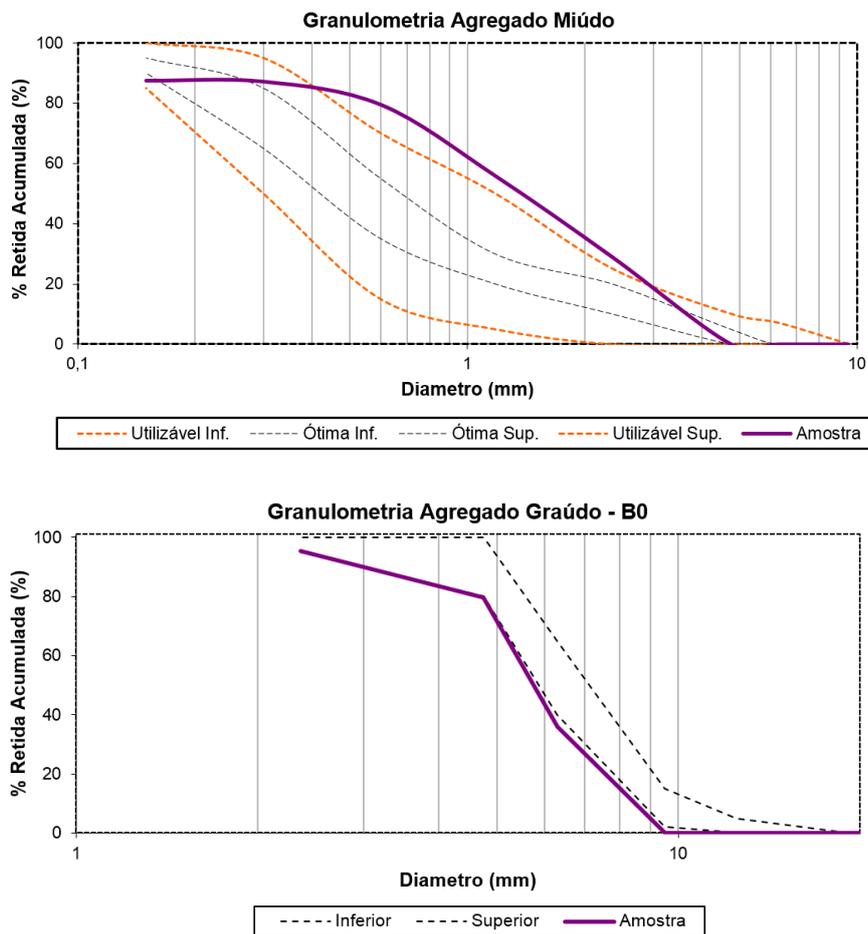
3.1 Caracterização dos Agregados

3.1.1 Composição granulométrica

A Figura 4 apresenta as curvas granulométricas de cada agregado, em roxo. Os limites estabelecidos pela NBR 7211 (ABNT, 2005) são representados pelas linhas pontilhadas.



Figura 4 – Gráficos das curvas granulométricas



Fonte: Autoria própria

Observa-se pelo primeiro gráfico que o agregado miúdo, não se encontra dentro dos limites determinados pela norma, isso se deve, principalmente, pela grande quantidade de grãos muito finos presentes em sua composição. Há necessidade de adequação de sua granulometria aos padrões da NBR 7211, aprimorando o processo de britagem do RCD na própria cooperativa. Verifica-se no gráfico subsequente que o agregado graúdo apresenta uma granulometria muito próxima ao limite inferior. Isto de fato deve acontecer, pois, para a produção dos blocos, o tamanho do agregado graúdo não pode ultrapassar a dimensão da parede menos espessa do bloco.



3.1.2 Massa específica e massa específica aparente

Segundo a NBR 9935 (ABNT, 2011) são considerados como agregado de densidade normal aqueles com densidade geralmente compreendida entre 2,0 g/cm³ a 3,0 g/cm³. Já a NBR NM 35 (ABNT, 2008), classifica como agregados leves para concreto estrutural os materiais que tem massa específica aparente máxima igual a 1,12 g/cm³. A tabela 2 apresenta os resultados encontrados.

Tabela 2 – Massa específica e massa específica aparente

CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO		
Característica	Agregado Graúdo 4,75mm < x < 9,5mm	Agregado Miúdo < 4,75mm
Massa específica (g/cm ³)	2,61	2,04
Massa específica aparente (g/cm ³)	2,06	1,69

Fonte: Autoria própria

Dessa forma, apesar do agregado miúdo possuir densidade um pouco abaixo do limite considerado normal, pondera-se que ele ainda se encontra com densidade muito elevada para ser considerado de tipo leve. Logo, ambos os agregados aqui pesquisados se enquadram como tipo normal, cuja aplicação é indicada na produção de concretos convencionais até os de alto desempenho.

3.1.3 Absorção de água, teor de torrões de argila e materiais friáveis e teor de material passante na malha 75µm

Os resultados em verde representam valores que atendem às exigências mínimas da NBR 12118 (ABNT, 2013), já os destacados em vermelho os que não atendem.

Tabela 3 – Absorção de água, torrões de argila e materiais friáveis e material passante na malha 75µm

AGREGADO				
Classificação	Intervalo Granulométrico	Ensaio	Requisitos (%)	Resultado (%)
Graúdo	4,75 < x < 9,5	Absorção de água	≤ 12	10,23
		Torrões de argila e materiais friáveis	< 2	0,67
Miúdo	< 4,75	Absorção de água	≤ 17	9,93
	1,18 < x < 4,75	Torrões de argila e materiais friáveis	< 2	5,84



3.2 Blocos

A seguir são apresentados os resultados dos ensaios realizados com os blocos. Em verde estão apresentados os valores que atendem às exigências mínimas da NBR 6136 (ABNT, 2016), já os destacados em vermelho não atendem.

3.2.1 Análise Dimensional

Na Tabela 4 observa-se resultados inadequados em relação às dimensões dos blocos, que não correspondem às condições ideais previstas na NBR 6136 (ABNT, 2014), principalmente referente às espessuras das paredes do bloco.

Tabela 4 – Resultados da análise dimensional

ANÁLISE DIMENSIONAL					
Dimensões	Requisitos (mm)		A	B	C
Comprimento	390	±3,0	390,59	391,00	390,95
Largura	140	±2,0	142,47	141,63	141,77
Altura	190	±3,0	187,03	186,45	184,80
Espessura das paredes longitudinais	18	-1,0	19,53	19,05	19,02
Espessura das paredes transversais	18	-1,0	21,73	21,86	22,00

Fonte: Autoria própria

Esses resultados podem ser explicados principalmente devido ao processo semi industrial de fabricação dos blocos ser influenciado tanto pela limitação de precisão do maquinário quanto por seu desgaste.

3.2.2 Absorção de água

Na Tabela 5, verifica-se as médias de absorção de água acima dos valores requisitados pela NBR 6136 (ABNT, 2016).



Tabela 5 – Resultados dos ensaios de absorção de água

ABSORÇÃO DE ÁGUA							
Traço	Quantidade de blocos ensaiados	Requisitos		Resultados			
		Individual (%)	Média (%)	Quantidade de blocos aprovados individualmente	Média (%)	Desvio Padrão	Coeficiente de variação
Bloco A	6	≤ 16,0	≤ 13,0	1	17,43	1,77	10,15
Bloco B	3			3	15,40	8,79	57,04
Bloco C	3			2	15,68	0,55	3,52

Fonte: Autoria própria

Um dos fatores que justifica este resultado é o fato do teor de absorção de água dos agregados RCD utilizados no processo ser consideravelmente maior que o dos agregados naturais. Estudos (BARBOSA et al, 2008, MEIER, 2011, SILVA JUNIOR, 2019) mostram uma média de absorção de água em torno de 3,2% para a areia natural e de 0,5% para a brita granítica.

Verifica-se ainda que o bloco A em condições de saturado com superfície seca absorveu mais água em relação aos blocos B e C, cuja composição inclui agregado natural. Apesar de individualmente os três corpos de prova do bloco B terem sido aprovados, sua média ultrapassou em 2,4% a absorção máxima permitida. Embora o uso e estanqueidade dos blocos seja condicionado ao uso de revestimento externo, os resultados em relação à absorção de água precisam ser melhorados com novos estudos de traço.

3.2.3 Resistência à compressão

A tabela 6 apresenta os resultados dos ensaios de resistência à compressão encontrados para os traços A, B e C.

Tabela 6 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO					
Bloco	Quantidade de blocos ensaiados	Requisito (MPa)	Resultado (MPa)	Desvio Padrão	Coeficiente de variação
A	11	≥ 3	1,36	1,55	113,75
B	6		3,16	0,91	28,70
C	6		2,17	1,09	50,31

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 7, verifica-se que somente o bloco B atingiu o parâmetro de resistência característica à compressão axial superior à 3 MPa para blocos de vedação tipo C. No bloco A utilizou-se somente agregado reciclado justificando sua menor resistência mecânica. O bloco C que inclui uma parte de



ardósia foi ensaiado devido à disponibilidade desse material na cooperativa, porém diante do melhor desempenho do bloco B tanto em relação à absorção de água quanto à resistência à compressão, o uso desse material para novos blocos foi descartado.

Os resultados dos ensaios evidenciam avanço considerável de desempenho dos blocos quando adicionado pequenas frações de agregado natural. Enquanto o bloco A composto inteiramente por agregado RCD, resistiu à 1,36 MPa, o bloco B - que tem apenas 20% do seu agregado sendo natural - atingiu resistência à compressão de 3,16 MPa, resultado satisfatório diante da NBR 6136 (ABNT, 2016). Nesse sentido, prevê-se, para o desenvolvimento da pesquisa, a elaboração de novos traços que incluam agregado natural.

4. CONCLUSÕES

Objetivou-se com o presente artigo apresentar resultados sobre a viabilidade de produção de blocos de concreto a partir da utilização de RCD. Através de revisões bibliográficas, verificou-se o sucesso de pesquisas similares que sustentam a possibilidade de comercialização de blocos de concreto produzidos com estes resíduos. No entanto, conforme a experiência da pesquisa que se caracteriza pela produção em cooperativa, busca-se tornar economicamente inviável a produção de blocos de concreto utilizando somente agregados reciclados.

Os resultados apesar de não atenderem a todos os critérios normativos indicam caminhos e possibilidades de avanços. Porém, o principal desafio é encontrar soluções que atendam aos parâmetros das normas técnicas e ao mesmo tempo sejam compatíveis com as capacidades produtiva e financeira da CTSA.

É importante ressaltar que além do caráter científico a pesquisa também tem forte apelo de extensão e aplicação prática do conhecimento acadêmico. Contribuindo com uma visão mais social na transmissão do conhecimento bem como incentivando e abrangendo a lógica reversa, fechando o seu ciclo produtivo com reutilização dos resíduos gerados pelo próprio setor.



5. REFERÊNCIAS

1. ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017**. São Paulo: [s.n.], 2017. 74 p. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 24 set. 2018.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - requisitos. Rio de Janeiro, 2016.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais - desempenho - parte 1 - requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações Habitacionais – desempenho - parte 4 - Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935**: Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
8. BARBOSA, Maria Teresa Gomes et al. **Estudo sobre a areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 51-60, out./dez. 2008.
9. BIGOLIN, Morgane; GRAEFF, Ângela G. (Org.); SILVA FILHO, L. C. P. (Org.). **Projeto mãos à obra. Tecnologias sociais e produção de blocos com RCD**. 1. ed. Porto Alegre, 2014. v. 1000. 104p.
10. BIGOLIN, Morgane. **Indicadores de desempenho para blocos de concreto: uma análise de requisitos mais sustentáveis para a produção a partir de RCD**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.
11. BRASIL. **Decreto lei nº 12.305, 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm> Acesso em: 28 maio 2019.
12. CARNEIRO, Fabiana Padilha. **Diagnóstico e Ações da Atual Situação dos Resíduos de Construção e Demolição na Cidade de Recife**. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2005.
13. CHIELE, Gabriel Schaan. Proposta de avaliação do desempenho de protótipo construído em blocos de concreto com resíduos de construção e demolição. In: Congresso Brasileiro dos Engenheiros Sem Fronteiras. 5. 2018. Natal, RN. **Anais do evento...** Disponível em: <<https://www.doity.com.br/anais/cbesf2018/trabalho/72986>>. Acesso em: 18 fev. 2019.
14. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE– CONAMA. **Resolução nº 307. 2002**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 28 maio 2019.



15. GOMES, Paulo César Correia et al. **Obtenção de blocos de concreto com utilização de resíduos reciclados da própria fabricação dos blocos.** Ambiente Construído, [s.l.], v. 17, n. 3, p.267-280, jul. 2017.
16. MEIER, Denis. **Análise da qualidade do agregado miúdo fornecido em Curitiba e região metropolitana.** Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Concreto). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2011.
17. MESQUITA, Leonardo Carvalho *et al.* **Análise da viabilidade técnica de utilização de resíduos de construção e demolição na fabricação de blocos de vedação.** v.10, n.3, p. 30-40, [recurso eletrônico], Goiânia: Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 2015. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/reec>>. Acesso em: 24 set. 2018.
18. PAULA, P.R.F. **Utilização dos resíduos da construção civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural.** Dissertação. Tecnologia das Construções. Universidade Católica de Pernambuco, Recife, PE, 2010. 131 p.
19. PORTO ALEGRE. **Lei nº 10.531, de 10 de setembro de 2008.** Institui, no Município de Porto Alegre, o Programa de Redução Gradativa do Número de Veículos de Tração Animal e de Veículos de Tração Humana e dá outras providências. Disponível em: <<https://bit.ly/2MM78Se>>. Acesso em: 28 maio 2019.
20. PORTO ALEGRE. **Lei nº 10.847, de 9 de março de 2010.** Institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Porto Alegre. Disponível em: <<https://bit.ly/2SyIMJP>>. Acesso em: 28 maio 2019.
21. SILVA JÚNIOR, F. A. da; Martinelli, A. E. **Análise das propriedades do agregado graúdo: brita de origem calcária, proveniente do rejeito da fabricação de cimentos, para compósitos cimentícios.** Anais do 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/21cbecimat/CD/PDF/204-093.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2019.
22. SINDUSCON-SP. **Construção civil encerra 2017 com menos 125 mil vagas.** São Paulo: [s.n.], 2018. Disponível em: <<https://sindusconsp.com.br/release/sinduscon-sp-construcao-civil-encerra-2017-com-menos-125-mil-vagas/>>. Acesso em: 19 abril 2019.



AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Finep, instituição que apoia a pesquisa através do projeto Morar.TS e ao CNPq, pelo apoio financeiro através da bolsa de iniciação científica. Também agradecemos ao Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais e toda sua equipe pela solícita ajuda aos bolsistas. Ademais, agradecemos ao professor Luiz Carlos, grande entusiasta da pesquisa e incentivador da continuidade do projeto. Por fim, agradecemos à ONG Solidariedade pela oportunidade de estar realizando trabalho social que disponibiliza tecnologia e informação à comunidade.