

## PARÂMETROS COMPARATIVOS DE ARGAMASSAS COM ADIÇÃO DE AGREGADOS MIUDOS RECICLADOS

RAFAEL DA COSTA LIMA<sup>1</sup>, NAGILA VEIGA ADRIANO MONTEIRO<sup>2\*</sup>, D'ANGELLIS AURELIO FROTA<sup>3</sup>, DAVIS PEREIRA DE PAULA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Bel. em Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, rafael-cl@hotmail.com

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, monteironag@gmail.com

<sup>3</sup>Graduando em Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, d.angellis@hotmail.com,

<sup>4</sup>Dr. em Ciências do Mar e do Ambiente, Prof. Mestrado em Geografia, UVA, Sobral-CE, davispp@yahoo.com.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016  
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** A indústria da construção civil é um dos principais setores responsáveis pelo crescimento econômico do País. Além de ser um dos maiores setores consumidores de matérias-primas naturais e gerador de resíduos sólidos. O descarte dos resíduos sólidos, muitas vezes despejados em locais inapropriados, podem vir a causar problemas de saúde para a população, assoreamento de córregos, devastação de áreas verdes, entre outros. Em 2010, a Lei Federal Nº 12.305 abrange, dentre outros tópicos de interesse ambiental, a obrigatoriedade dos resíduos de construção potencialmente recicláveis não serem descartados em aterros sanitários, sob pena de multa para o gerador e o transportador. Em meio às dificuldades que o mercado vem enfrentando nesses últimos anos, o setor da construção civil tenta se renovar e aprimorar suas técnicas, com investimento em pesquisas voltadas ao uso de materiais alternativos, para proporcionar sustentabilidade e economia, que tem sido pauta nas universidades brasileiras. O presente trabalho propôs a utilização do resíduo da construção civil como matéria-prima, após beneficiamento, para obtenção de agregados miúdos e incorporação na produção de argamassas. Foram analisadas suas características mecânicas e de durabilidade por meio de ensaios laboratoriais preconizados pelas normas brasileiras. A partir de três argamassas com 0%, 20% e 50% de substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos reciclados. Para avaliação, foram realizados: ensaios de resistência à compressão axial, absorção de água por capilaridade, absorção de água por imersão e massa específica. Dos resultados, a argamassa com 20% distribuiu se uniformemente na massa preenchendo os vazios e tendo melhor aderência à pasta de cimento. E com 50% não provocaram aumento expressivo na capacidade de absorção de água, assim não afetando a qualidade. Mostrando que há possibilidade de reutilização do insumo na indústria da construção civil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agregado reciclado, argamassa, reciclagem.

**ABSTRACT:** The construction industry is one of the main sectors responsible for the economic growth of the country. In addition to being one of the largest consumer sectors of natural raw materials and which produces more solid waste. In 2010 was sanctioned federal law No. 12305 that addresses, among other topics of environmental interest, the requirement of construction waste potentially recyclable not be discarded in landfills under a assessment for the generator and the transporter. Under this view, the work proposed the use of construction waste in the production of mortars, making control of its mechanical and durability characteristics through laboratory tests. The materials used in the study were the building waste after processing to obtain fine aggregate and embedding in mortar. Three mortars with 0%, 20% and 50% replacement of natural fine aggregate by recycled fine aggregate were produced, keeping constant consistency. After, the testing of compressive strength, water absorption by capillarity, water absorption by immersion and density were performed. The results demonstrated the possibility of reuse of the rubble of construction as new input in the construction itself, may be a potential for reducing cost or even an alternative to the process of disposal of rubble.

**KEYWORDS:** Recycled aggregate, mortar, recycling.

# PARAMETROS COMPARATIVOS DE ARGAMASSAS COM ADIÇÃO DE AGREGADOS MIUDOS RECICLADOS

## INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é responsável por diversos impactos ao meio ambiente, devido ao grande consumo de recursos naturais, cerca de 50% dos recursos naturais utilizados (Agopyan, 2011). De acordo com Tolmasquin (2000), a indústria de agregados é responsável por 16,51% da produção mineral brasileira, sendo 5,62% desse total, destinados à produção de areia e cascalho, enquanto que 10,89% são destinados ao setor de pedra britada. La Sema et. al. (2008), complementa que em 2007, a produção de agregados naturais foi de 496 milhões de toneladas, sendo que 279 milhões de toneladas de areias e 217 milhões de toneladas de pedra britada. Outra problemática enfrentada pelo setor, e principalmente pelas cidades que estão em constante desenvolvimento, é grande produção de volumes de resíduos de construção e demolição (RCD).

Segundo Pinto (1999), nas grandes cidades brasileiras, as atividades de canteiro de obras são responsáveis por aproximadamente 50% dos resíduos de construção e demolição. Que por sua vez tem destinação irregular em aterros não autorizados, em pilhas de bota-fora de entulhos, que são aceitos por não ter impacto imediato, como acontece com o lixo doméstico. Mesmo com a Resolução CONAMA n. 307/2002 que obriga por parte dos geradores à correta destinação e beneficiamento dos RCD, os quais não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de bota-fora, em encostas, lotes vagos e em áreas protegidas por lei. Há quem ainda não cumpra com a lei, e devido à falta de fiscalização de destinação final dada aos resíduos, ocorrendo à proliferação dessas deposições e bota-fora irregulares, impactando negativamente na qualidade da vida urbana, na drenagem urbana e multiplicação de transmissores de doenças, entre outros.

A Lei Federal N° 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), também foi outra medida que contribuiu para estabelece princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativos à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, e define as responsabilidades dos geradores para fazerem logística reversa e reciclagem, bem como a responsabilidade do poder público. Assim, o setor da construção civil tem obrigação a dar destinação final ambientalmente adequada aos seus Resíduos de Construção e Demolição (RCD), não podendo mais encaminhá-los aos aterros.

Outros pesquisadores recomendam a substituição de até 50% dos agregados naturais pelos reciclados. Alguns países, como a Holanda e o Japão, já normatizaram essa incorporação de agregado reciclado, sendo que recomendam, respectivamente, 20% e 30% na mistura sem que apresente nenhum efeito danoso (Cabral, 2007). No entanto, para incorporar o agregado reciclado no mercado como matéria-prima para ser reutilizada na construção civil, deve-se convencer os projetistas, construtores e consumidores finais que esse produto apresenta algumas vantagens competitivas e baixos riscos técnicos e ambientais. Além da falta de especificações técnicas e do pleno conhecimento do comportamento desses materiais para a obtenção de concretos e argamassas dificultam a utilização dos RCDs em lugar dos agregados naturais (Leite, 2009).

Neste contexto, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos científicos que possam reduzir as deficiências do conhecimento, estabelecendo as propriedades e o comportamento dos agregados reciclados. Tendo como objetivo estudar a reutilização dos resíduos gerados pela construção civil, reciclando-os na forma de agregados para reutilização na própria construção ou outras, podendo, assim, diminuir o custo com a obra por utilizar menos matéria-prima natural, passando a usar mais material reciclado e, conseqüentemente, dispendo menos resíduo em locais inadequados que, por fim, reduzirá os custos com tratamento ambientalmente correto.

## METODOLOGIA

Os Resíduos de Construção e Demolição (RCDs) foram obtidos de obras do interior do Campus da CIDA0 da Universidade Estadual Vale do Acaraú, em Sobral/CE. Estes RCDS caracterizavam-se como um material heterogêneo (misto), possuindo em sua composição fragmentos de concreto, argamassa, tijolos cerâmicos, revestimento cerâmico polido e telhas. Como o material obtido estava com grandes dimensões (figura 1A) foi necessário reduzir seu tamanho com o auxílio de uma marreta para, posteriormente, colocá-lo no moinho de bolas a fim de triturá-lo (figura 1B). A granulométrica desejada era de 2,40mm (figura 1C).

Figura 1. A) Agregado reciclado logo após trituração inicial no moinho de bolas. B) Agregado reciclado após segunda trituração no moinho de bolas. C) Material com granulométrica 2,40mm.



Fonte: Autor.

O agregado miúdo natural utilizado no estudo era uma areia quartzosa de leito de rio. Efetuou-se o ensaio para determinação da composição granulométrica, segundo a ABNT NBR NM 248:2003. O diâmetro máximo do agregado miúdo natural não era o necessário para o estudo (2,40mm). Efetuando o peneiramento do agregado natural na peneira de malha de abertura 4,80mm para utilizar os grãos passantes. Com o agregado peneirado efetuou-se o ensaio de massa específica obtendo-se o valor de 2,59 g/cm<sup>3</sup>. O cimento Portland utilizado foi o CP II-Z-32-RS, disponível na região, cuja massa específica era 1,45 g/cm<sup>3</sup>. Para o estudo foram dosadas três argamassas: argamassa de referência (AR) – utilização de 100% de agregado miúdo natural; argamassa 20% (A20) – substituição, em massa, de 20% do agregado miúdo natural por agregado miúdo reciclado misto; argamassa 50% (A50) – substituição, em massa, de 50% do agregado miúdo natural por agregado miúdo reciclado misto. O traço unitário da argamassa convencional foi de 1:1,5:7. A quantidade de material necessário para a produção de 1m<sup>3</sup> de argamassa está sintetizada na tabela 1.

Tabela 1. Traço das argamassas. (Relação a/c = relação água/cimento).

MATERIAL	MASSA PARA 1m <sup>3</sup> (kg)		
	AR	A20	A50
<b>CIMENTO</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>
<b>CAL HIDRATADA</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>
<b>AGREGADO MIÚDO NATURAL</b>	<b>1025</b>	<b>840</b>	<b>525</b>
<b>AGREGADO MIÚDO RECICLADO</b>	-	<b>210</b>	<b>525</b>
<b>ÁGUA</b>	<b>330</b>	<b>330</b>	<b>330</b>
<b>RELAÇÃO A/C</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>

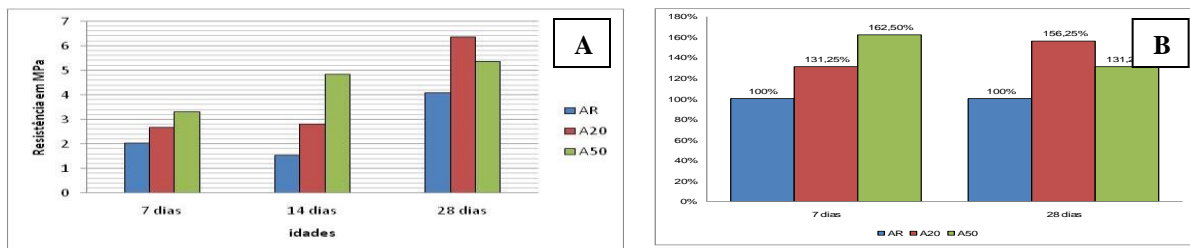
A produção das argamassas visou o preenchimento de 19 corpos de prova (5cm x 10cm) para a realização do ensaio de resistência à compressão axial, de acordo com a ABNT NBR 13279:2005 aos 7, 14 e 28 dias de produção das argamassas; do ensaio de absorção de água por capilaridade, de acordo com a ABNT NBR 9779:2012 aos 7 e 28 dias; e do ensaio de absorção de água por imersão, de acordo com a ABNT NBR 9778:2005 aos 7 e 28 dias. Imediatamente após a produção de cada argamassa realizou-se o ensaio de índice de consistência, conforme preconizado pela ABNT NBR 13276:2005.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A argamassa AR apresentou um índice de consistência média, após medida de 3 diâmetros pelo paquímetro, de 29,50 cm. Como não se pretendia ter a consistência como uma variável do estudo, mas apenas o agregado reciclado, fixou-se a consistência da argamassa AR como padrão. Assim, para a argamassa A20 foi obtido um valor médio de 30 cm, compatível com a referência. Para a argamassa A50 foi necessário adicionar 3% a mais de água em relação ao volume inicial de água a fim de manter a consistência padrão, de tal forma que seu valor médio ao final foi de 30,17cm. A figura 2 ilustra os resultados médios do ensaio de resistência à compressão axial das três argamassas aos 7, 14 e 28 dias.

Analisando-se apenas os resultados da argamassa AR percebe-se que o valor da resistência aos 14 dias (1,53 MPa) foi menor do que aos 7 dias (2,04 MPa), o que pode significar uma falha durante a execução do ensaio, dado que para as demais argamassas houve uma evolução normal ao passar dos dias, bem como a própria argamassa AR aos 28 dias apresentou resultado satisfatório (4,08 MPa). As argamassas contendo agregado reciclado se mostraram bastante resistentes, com valores superiores à referência. Aos 7 dias, a argamassa A20 apresentou valor de 2,67 MPa e a argamassa A50 foi 3,31MPa. Já aos 14 dias, as argamassas A20 e A50 apresentaram 2,80 MPa e 4,84 MPa, respectivamente. Aos 28 dias, a argamassa A20 apresentou resultados maiores do que a argamassa A 50, sendo 6,37 MPa e 5,35 MPa, respectivamente. Calcularam-se as resistências axiais em porcentagem, considerando a argamassa AR como o valor máximo de resistência (100%) e comparou-a com as demais argamassas, como ilustrado na figura 2A e 2B.

Figura 2. A) Resultados de resistência à compressão axial das argamassas. B) Resultados de resistência à compressão axial das argamassas em porcentagem.



A comparação por porcentagem oferece uma visão mais aguçada, mostrando com mais clareza o ganho de resistência ao passar do tempo. Comparando A20 com AR, aos 28 dias verifica-se um acréscimo na resistência de 56,25%. Já a A50 em comparação com AR teve um acréscimo de 31,25% na resistência. Esse ganho de resistência entre uma argamassa apenas com agregado natural e as argamassas com agregado reciclado pode ser devido ao fato das substituições terem sido em massa, podendo ter ocasionado um maior volume de reciclado no compósito e, como ele apresenta uma granulométrica mais fina do que a areia, pode ter preenchido melhor os poros do compósito favorecendo no ganho da resistência. O ensaio de absorção de água por capilaridade das argamassas foi realizado com base na ABNT NBR 9779:2012 aos 7 e 28 dias de idade de produção das argamassas. A tabela 2 expõe os resultados individuais alcançados.

Tabela 3. Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade das argamassas.

IDADE (dias)	ARGAMASSA		
	AR	A20	A50
7	3,09%	3,11%	3,20%
7	2,99%	3,16%	3,25%
28	3,14%	3,12%	3,16%
28	3,05%	3,09%	3,17%

Como se pode visualizar pela tabela 3, analisando cada argamassa individualmente, praticamente não houve variação entre seus resultados aos 7 e 28 dias, ficando em torno de 2% para cada. Se forem analisados os valores médios apenas aos 7 dias entre uma argamassa e outra, verifica-se que A20 aumentou 1,45% em relação a AR e A50 aumentou 4,19% também em relação a AR. Da mesma forma, ao analisar apenas os valores médios aos 28 dias entre uma argamassa e outra, constata-se que não houve variação. Essa paridade dos resultados entre uma argamassa de referência e as modificadas pode indicar que a quantidade de poros permeáveis para as três argamassas foi praticamente o mesmo. Embora o agregado reciclado, em geral, seja um material conhecido mais poroso do que um agregado natural, o fato de se ter um volume maior deste agregado reciclado permitiu que a quantidade de poros nas argamassas A20 e A50 não aumentassem significativamente.

em relação à referência. A tabela 3 apresenta os resultados individuais do ensaio de absorção de água por imersão das três argamassas aos 7 e 28 dias.

Tabela 3. Resultados do ensaio de absorção de água por imersão das argamassas.

IDADES (dias)	ARGAMASSA		
	AR	A20	A50
7	17,71%	18,32%	21,54%
7	18,37%	19,04%	20,84%
28	18,15%	18,69%	21,87%
28	18,14%	19,04%	21,08%

Percebe-se, da tabela 3, que os resultados de absorção de água por imersão apresentaram comportamento similar aos obtidos no ensaio de capilaridade tanto para cada argamassa individualmente entre os 7 e 28 dias como entre uma argamassa e outra. Ao se analisar os valores médios apenas aos 7 dias fica constatado que a argamassa A20 aumentou 5,48% de absorção em relação a AR bem como a argamassa A50 aumentou a capacidade de absorção em 19,42% comparativamente a AR. Já para os valores médios aos 28 dias, percebe-se um aumento da capacidade de absorção de 3,97% e 18,35% para as argamassas A20 e A50, respectivamente, ambas em relação à referência. Assim, a argamassa contendo agregado reciclado, ao ser submersa, pode absorver um pouco mais de água do que uma argamassa apenas com agregado natural e esta capacidade de absorção será mais expressiva na medida em que se aumenta o teor de agregado reciclado.

## CONCLUSÕES

O trabalho apresentou uma opção de destinação ambientalmente correta para o resíduo de construção civil comprovando que este pode ser uma boa fonte de material substituto de agregados naturais. Em dosagem controlada, a incorporação de agregado reciclado em argamassa, obtém resultados satisfatórios. Pelo resultado apresentado no estudo, à resistência axial das amostras de argamassa com substituição de agregado natural por agregado reciclado obteve respostas favoráveis. A argamassa produzida com teor de substituição de 20% de agregado reciclado obteve melhores resultados, pois o agregado reciclado se distribui uniformemente na massa, preenchendo os vazios e tendo melhor aderência à pasta de cimento. Enquanto os ensaios ligados à durabilidade realizados mostraram que as argamassas contendo agregado reciclado até a porcentagem de 50% de substituição não provocaram aumento expressivo na capacidade de absorção de água, assim não afetando a qualidade. Pode-se, então, afirmar que é possível reincorporar o resíduo da construção na própria obra em que foi gerado para fins não estruturais, como na produção de bloquetes, meio-fios ou pré-moldados.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 13276 - Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Preparo, Rio de Janeiro, 2002.
- ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para a Construção Civil, “Balanço Mineral Brasileiro – Agregados para a Construção Civil”, 2015. BRASIL. Brasília, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 13279 - Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão, Rio de Janeiro, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15115. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.