

## APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA UTILIZAÇÃO EM ARGAMASSA

*Laimara da Silva Barroso<sup>1</sup>*  
*Marcelle do Patrocínio Ribeiro<sup>2</sup>*  
*Markssuel Teixeira Marvila<sup>3</sup>*  
*Afonso Rangel Garcez de Azevedo<sup>4</sup>*  
*Euzébio Bernabé Zanelato<sup>5</sup>*  
*Lúcio José Terra Petrucci<sup>6</sup>*  
*Sérgio Neves Monteiro<sup>7</sup>*

### Resumo

A construção civil produz uma grande quantidade de resíduos que são descartados podendo gerar impactos ambientais. Uma alternativa para reduzir esses resíduos é reutilizá-los. Esse artigo tem como finalidade apresentar o aproveitamento de resíduos da construção e demolição como agregado miúdo para utilização em argamassa. Foram formuladas composições de argamassa convencional e de argamassa substituindo a areia por resíduos, moldando corpos de prova de cada tipo de argamassa. Em seguida, realizou-se a comparação entre a argamassa feita com os agregados convencionais e a feita com o resíduo reciclável. Os ensaios nos corpos de prova foram realizados após sete dias, utilizando CPV, por apresentar maior quantidade de clínquer. Foi também realizado o teste de resistência à tração na flexão e à compressão. Os resultados mostram que as argamassas feitas com resíduo apresentaram menores resistências comparadas com as argamassas de referências. Isso deve-se ao fato da granulometria, composição química e pelo agregado miúdo da argamassa modificada absorver maior quantidade de água do que a areia, aumentando a relação água/aglomerante, tornando-a mais porosa e menos resistente.

**Palavras-chave:** Aproveitamento; Resíduo; Argamassa; Agregado.

### USE OF CIVIL CONSTRUCTION RESIDUES FOR USE IN MORTAR

#### Abstract

Civil construction produces a large amount of waste that is discarded and can generate environmental impacts. An alternative to reduce these residues is to reuse them. This article aims to present the use of construction and demolition waste as a small aggregate for use in mortar. Conventional mortar and mortar compositions have been formulated to replace sand by residues, molding specimens of each type of mortar. Then, the mortar made with conventional aggregates and the one made with recyclable residue have been compared. Tests on the specimens were performed at age of seven days, using CPV, because they had a higher amount of clinker. The tensile strength test has also been performed in flexion and compression. The results show that the mortars made with residue presented smaller resistances compared to the mortars of references. This is due to the fact that the granulometry, chemical composition and the small aggregate of the modified mortar absorb more water than sand, increasing the water/binder ratio, making it more porous and less resistant.

**Keywords:** Use; Residue; Mortar; Aggregate.

- <sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.
- <sup>2</sup> Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.
- <sup>3</sup> Graduado em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.
- <sup>4</sup> Mestre em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.
- <sup>5</sup> Mestre em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.
- <sup>6</sup> Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.
- <sup>7</sup> Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade da Flórida, Gainesville, Flórida, Estados Unidos.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores que mais gera perda de recursos naturais. Isso é ocasionado pela falta de planejamento no projeto e na execução, má utilização por parte da mão de obra, má armazenamento. O entulho é obtido com reformas, reparos, demolições de estruturas e estradas, nele são encontrados restos de obras como argamassa, concreto, tijolo, cimento, tinta, gesso, telha, entre outros.

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, 307/2002 art. 3º, os resíduos recicláveis ou reutilizáveis como agregados, tais como: de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, revestimentos), argamassa e concreto, correspondem à classe A.

Conforme Oliveira e Mendes, a construção civil gera uma grande quantidade de entulho, levando ao desperdício irracional de materiais, desde a fabricação até a utilização final na obra. Outro aspecto importante é a não separação desses materiais descartados que poderiam ser reciclados e utilizados em outras obras, assim amenizando os impactos que podem causar no ambiente.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é mostrar através de estudos e pesquisas a viabilização da produção de argamassa composta por resíduos da construção civil, e observar a diferença de comportamento deste tipo de argamassa com a argamassa convencional.

### 1.1 HISTÓRICO DO ENTULHO

A reciclagem de resíduos da construção civil tem sido realizada nos últimos anos, mas estudos mostram que o aproveitamento desses materiais acontecia desde o Império Romano.

De acordo com Levy a partir de 1928 foram executadas pesquisas para avaliar o consumo de cimento, a quantidade de água e a granulometria dos agregados da alvenaria de concreto. Entretanto, a aplicação do entulho reciclado aconteceu só depois do final da Segunda Guerra Mundial na reconstrução das cidades Europeias, na qual os edifícios foram totalmente demolidos e os resíduos dessa demolição foram utilizados na produção de agregados. Pode-se dizer então, que o desenvolvimento da utilização de entulho em obras se deu a partir de 1946.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado apresentava diversos tipos de granulometria, então para deixá-lo mais uniforme peneirou-se o material na #10mm e em seguida, o material passado nessa peneira foi peneirado novamente com o auxílio da peneira 1.18mm para aplicá-lo como agregado miúdo.

Para saber o índice de consistência da argamassa foi utilizado o traço de 1:1:6, na qual corresponde 180g de cimento, 180g de cal e 1080g de agregado miúdo. O ensaio de consistência foi realizado com a argamassa no estado fresco conforme a NBR 13276/2005, que recomenda o índice de consistência em  $(265 \pm 5)$  mm. Por tentativa e erro o ensaio foi repetido até que alcançasse o índice da norma. A quantidade de água utilizada foi a registrada na tentativa na qual o índice estabelecido foi alcançado.

Neste ensaio, foi utilizado o tronco-cônico e a mesa para o índice de consistência. Os materiais foram pesados de acordo com o traço e em seguida misturados no

solotest por 90 segundos. Após a mistura deixou a argamassa em repouso durante 15 minutos. O molde foi colocado no centro da mesa e preenchido por três camadas sucessivas, com altura aproximadamente iguais e aplicados golpes com soquete, sendo a primeira camada aplicado 15 golpes, na segunda 10 golpes e na terceira 5 golpes, todos distribuídos uniformemente. Em seguida, rasou-se o excesso de pasta com a régua metálica.

Depois de retirado o molde de tronco ligou o aparelho de solotest e foi realizado trinta golpes. Posteriormente, foi medido o espalhamento da pasta em três direções distintas, a fim do índice de consistência ser o estabelecido na norma.

Ao saber a quantidade de água necessária para a consistência da argamassa, foi aplicado o mesmo traço para fazer os corpos de prova. Após a pasta ser descansada, o molde do corpo de prova foi colocado no centro da mesa e preenchido em duas camadas sucessivas, com alturas aproximadamente iguais e aplicados golpes com o acionamento da manivela, sendo aplicados 30 golpes na primeira camada e 30 golpes na segunda. Depois, com o auxílio da régua metálica rasou-se o excesso da argamassa e deixou o corpo de prova por um dia na forma, desformando no dia seguinte, pois foi utilizado CPV, no qual é produzido com um clínquer com dosagem diferenciada de calcário e argila e com moagem mais fina, apresentando 95% de clínquer e menor quantidade de pozolana.

Ao passar sete dias, os corpos de prova foram testados em relação à resistência à tração na flexão e à compressão de acordo com a NBR 13279/2005. Para a resistência à tração na flexão foi utilizado o vão de 10 cm, sendo a carga aplicada no centro do vão, ou seja, a 5 cm de distância de cada apoio. Foram posicionados os corpos de prova nos dispositivos de apoio do equipamento utilizado, de modo que a face rasada não estivesse em contato com os dispositivos de apoio e o dispositivo de carga. Em seguida, foi aplicada carga de  $(50 \pm 10)$  N/s até a ruptura do corpo de prova.

A resistência à tração na flexão foi calculada segundo a equação 1:

$$R_f = \frac{1,5F_f L}{40^3} \quad (1)$$

onde,

$R_f$  é a resistência à tração na flexão, em megapascals;

$F_f$  é a carga aplicada verticalmente no centro do prisma, em newtons;

$L$  é a distância entre os suportes, em milímetros.

Depois do teste citado acima, foi realizado em uma das partes de cada corpo de prova a resistência à compressão axial, no qual a metade do corpo de prova foi posicionado no dispositivo de apoio do equipamento utilizado, de modo que a face rasada não estivesse em contato com o dispositivo de apoio e o dispositivo de carga. Em seguida, foi aplicada carga de  $(500 \pm 50)$  N/s até a ruptura do corpo de prova.

A resistência à compressão foi calculada segundo a equação 2:

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (2)$$

onde,

$R_c$  é a resistência à compressão, em megapascals;

$F_c$  é a carga máxima aplicada, em newtons;

1600 é a área da seção considerada quadrada do dispositivo de carga 40 mm x 40 mm, em milímetros quadrados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

No ensaio de índice de consistência, foram feitas tentativas até o índice apresentar a referência da NBR 13276/2005. Os resultados estão apresentados nas tabelas 1 e 2.

**Tabela 1.** Índice de consistência da argamassa modificada

Tentativa	Quantidade de água (g)	Relação água/aglomerante	Índice de consistência (mm)
1 <sup>a</sup>	288	0,800	205
<b>2<sup>a</sup></b>	<b>310</b>	<b>0,861</b>	<b>258</b>

**Tabela 2.** Índice de consistência da argamassa de referência

Tentativa	Quantidade de água (g)	Relação água/aglomerante	Índice de consistência (mm)
1 <sup>a</sup>	288	0,800	285
2 <sup>a</sup>	275	0,764	270
<b>3<sup>a</sup></b>	<b>270</b>	<b>0,750</b>	<b>261</b>

Com os resultados apresentados conclui-se que a quantidade necessária de água para uma boa trabalhabilidade na argamassa modificada é de 310g e para a argamassa de referência 270g.

#### 3.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

Com a argamassa no estado endurecido foi realizado o ensaio de resistência à tração na flexão apresentando os seguintes resultados indicados nas tabelas 3 e 4.

**Tabela 3.** Resistência à tração na flexão da argamassa modificada

Corpo de prova	Resistência (MPa)
CP01	1,35
CP02	1,58
CP03	1,12
Média	1,35
Desvio Padrão	0,23

**Tabela 4.** Resistência à tração na flexão da argamassa de referência

Corpo de prova	Resistência (MPa)
CP01	1,66
CP02	1,73
CP03	1,53
Média	1,64
Desvio Padrão	0,10

Os resultados do ensaio indicam que a argamassa feita com resíduos apresentou menor resistência comparada com a argamassa de referência, conforme Araújo (2014) a resistência à tração na flexão para o traço de referência 1:2:8 foi de 0,90 MPa e o resultado obtido com 100% de substituição foi de 0,77 MPa, para a idade de 7 dias, e aos 28 dias a resistência com o traço de referência foi de 0,98 MPa e com a substituição total foi de 0,78 MPa. Porém, segundo Tanaka (2011), utilizando o traço de 1:1:8, a resistência à tração da argamassa com resíduos de construção, em média foi de 1,32 MPa enquanto a resistência média da argamassa natural foi de 0,86 MPa.

### 3.3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os resultados obtidos no ensaio de compressão estão apresentados nas tabelas 5 e 6.

**Tabela 5.** Resistência à compressão da argamassa modificada

Corpo de prova	Resistência (MPa)
CP01	6,49
CP02	5,18
CP03	6,66
Média	6,11
Desvio Padrão	0,81

**Tabela 6.** Resistência à compressão da argamassa de referência

Corpo de prova	Resistência (MPa)
CP01	5,87
CP02	5,30
CP03	5,01
Média	5,39
Desvio Padrão	0,44

Os resultados do ensaio indicam que a argamassa feita com resíduos apresentou maior resistência comparada com a argamassa de referência, conforme Tanaka (2011), com traço de 1:1:8 e substituição total do agregado natural pelo reciclado, adquiriu o resultado médio em três amostras utilizando a argamassa com resíduo de 3,43 MPa e para a argamassa natural obteve nas três amostras resistência média de 2,58 MPa. Já a pesquisa feita por Assunção (2007) a substituição de 30% e 50% do agregado natural pelo reciclado obteve a resistência em 14 dias de 5,20 MPa e 8,10 MPa, respectivamente, enquanto a argamassa com agregado natural obteve resistência de 4,97 MPa. Além disso, segundo Araújo (2014), para a argamassa padrão a resistência à compressão obtida foi de 1,33 MPa e para 100% de substituição o valor obtido foi de 2,64 MPa.

## 4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados, pode-se concluir que as argamassas produzidas com resíduos apresentaram relação água/aglomerante maior que as argamassas convencionais. Esse resultado foi esperado devido à presença de variedade de materiais encontrados no resíduo, no qual absorvem maior quantidade de água, deixando-os mais porosos e com menores resistências.

A substituição total do agregado natural pelo resíduo causou um aumento na resistência à compressão de até 13% e menor resistência à tração na flexão. Os resultados dos ensaios feitos com a argamassa no estado endurecido, ao ser comparado com outros autores, apresentaram bom comportamento na compressão, enquanto no ensaio de tração na flexão baixo comportamento.

## REFERÊNCIAS

Araújo NN. Desempenho de argamassas de revestimento produzidas com agregados reciclados oriundos do resíduo de construção e demolição da grande Natal-RN [dissertação]. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2014 [acesso em 10 jun. 2017]. Disponível em: [http://arquivos.info.ufrn.br/arquivos/20140971440fe020383024efc7c7712a6/DISSER\\_TAO\\_NEUBER\\_ARAUJO.pdf](http://arquivos.info.ufrn.br/arquivos/20140971440fe020383024efc7c7712a6/DISSER_TAO_NEUBER_ARAUJO.pdf).

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13276. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13279. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

Assunção LT; Carvalho GF; Barata MS. Avaliação das propriedades das argamassas de revestimento produzidas com resíduos da construção e de demolição como agregado. *Exacta*. 2007 [acesso em 10 jun. 2017];5:223-230. Disponível em: [http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/f/fd/Tema\\_4\\_Artigo\\_2.pdf](http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/f/fd/Tema_4_Artigo_2.pdf).

Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 307. Brasília, 2002.

Levy SM. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria [tese de doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2002 [acesso em 22 maio 2017]. Disponível em: [http://www.ietsp.com.br/static/media/mediafiles/2015/01/23/Tese\\_Salomon\\_Mony\\_Levy.pdf](http://www.ietsp.com.br/static/media/mediafiles/2015/01/23/Tese_Salomon_Mony_Levy.pdf).

Tanaka GM; Pinto MCC. Análise da utilização de resíduo de construção e demolição (RCD) da região metropolitana de Curitiba em argamassa de revestimento e na fabricação de blocos de concreto [trabalho de conclusão de curso]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2011 [acesso em 10 jun. 2017]. Disponível em: [http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/7/7b/TCC\\_2011\\_Maria\\_e\\_Graciele.pdf](http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/7/7b/TCC_2011_Maria_e_Graciele.pdf).