**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO USO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) NAS PROPRIEDADES DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO**

Polyana Ghellere (*), Karla Thomé, Dayana Ruth Bola Oliveira.

* Centro Universitário Dinâmica das Cataratas – UDC, Foz do Iguaçu/ PR; p_ghellere@hotmail.com.

RESUMO

Com o desenvolvimento das cidades a construção civil se tornou uma das atividades que mais geram resíduos, sendo assim uma das formas de minimizar tal problemática seria a sua reutilização produzindo novos materiais que serão utilizados novamente na construção civil. Neste estudo buscou-se analisar a influência do agregado composto por RCD como substituição parcial do agregado miúdo na produção de argamassa. Foram utilizados o Cimento Portland CP II Z – 32 e a Cal CH-III. O traço utilizado foi de 1:2:8 em massa e as substituições usadas foram de 0, 15, 25 e 50%. A partir disso foram realizados ensaios de caracterização dos agregados e da argamassa. O estudo mostrou que os resultados foram mais significativos na argamassa com 50% de substituição, apresentando um ganho de resistência à tração na flexão e à compressão de 100% e 21% respectivamente, também um aumento no módulo de elasticidade de 22%, obtendo resistência de aderência à tração maior que a mínima exigida em norma de 0,21 MPa, absorvendo 14% mais água e sofrendo menor influência de temperaturas elevadas em comparação a argamassa de referência. Concluindo dessa forma que a pesquisa se mostrou viável para a produção de argamassa de revestimento até 50% de substituição.

PALAVRAS-CHAVE: Argamassa, Resíduo de Construção e Demolição, Cimento Portland, Agregado miúdo, Propriedades estado fresco e endurecido.

ABSTRACT

With the development of cities, construction has become one of the activities that generate the most waste, so one of the ways to minimize such problems would be to reuse them by producing new materials that will be used again in construction. This study aimed to analyze the influence of the aggregate composed of RCD as partial replacement of the small aggregate in the production of mortar. Portland cement CP II Z - 32 and Cal CH - III were used. The trace used was 1: 2: 8 by mass and the substitutions used were 0, 15, 25 and 50%. From this, characterization tests of aggregates and mortar were carried out. The study showed that the results were more significant in the mortar with 50% of substitution, presenting a gain of tensile strength in flexion and compression of 100% and 21% respectively, also an increase in the modulus of elasticity of 22%, obtaining resistance of adhesion to the traction greater than the minimum required in a standard of 0.21 MPa, absorbing 14% more water and suffering less influence of high temperatures in comparison to the reference mortar. In this way, the research proved to be feasible for the production of coating mortar up to 50% replacement.

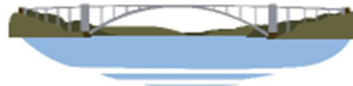
KEY WORDS: Mortar, Construction Waste and Demolition, Portland Cement. Kid Aggregate, Properties are cool and hardened.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da população e o acelerado processo de urbanização, houve um desenvolvimento crescente das cidades, onde a construção civil se tornou uma das atividades que mais geram resíduos, popularmente conhecidos como entulhos. Segundo Jonh (2000), os Resíduos da Construção Civil são denominados de entulhos e caracterizados como todo descarte de material usado na realização de atividades da construção civil, podendo ser provenientes de obras de infraestrutura, demolições, reformas, restaurações, reparos, construções novas, etc., assim como um conjunto de fragmentos ou restos de pedregulhos, areias, materiais cerâmicos, argamassa, aço, madeira, dentre outros.

A Resolução nº. 307, de 05/07/2002 do CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente, considera que os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas. A composição dos resíduos produzidos em canteiros de obra constituídos de argamassa, concreto e materiais cerâmicos somam 62% do total dos resíduos da construção civil presentes nas cidades brasileiras (CABRAL et al, 2008). Esses materiais são classificados como resíduos classe A, ou seja, resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados (CONAMA, 2002).

O índice médio de resíduos sólidos urbanos registrados no Brasil em 2017 é de 1,035 kg/hab/dia representando a quantidade de 214.868 t/dia de resíduo coletado pelos municípios brasileiros, na região Sul do Brasil o índice é de 0,757 kg/hab/dia que corresponde a 22.429 t/dia (ABRELPE, 2017).



Apesar da geração de um grande volume de resíduo pela construção civil nas cidades brasileiras, evidenciado pelo desperdício irracional de material desde sua fabricação até sua utilização na obra, nota-se a falta de separação desses resíduos, onde são contaminados e impossibilitados de serem reciclados e assim serem empregados nas obras novamente (JUNIOR e ROMANEL, 2013).

Uma grande problemática envolvendo os resíduos da construção civil está relacionada ao descarte inadequado dos resíduos em terrenos baldios sem nenhum cuidado com o meio ambiente. Segundo Conama (2002), “os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições”.

Uma das formas de minimizar o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado do resíduo da construção civil seria a sua reutilização e reciclagem, produzindo novos materiais que serão utilizados novamente na construção civil. (BRASILEIRO e MATOS, 2015).

OBJETIVOS

Analisar a influência do agregado produzido através da reciclagem de resíduo de construção e demolição (RCD) como substituição parcial do agregado miúdo (areia) na produção de argamassa.

METODOLOGIA

MATERIAIS

Os materiais que foram utilizados no presente trabalho são:

- Cimento Portland CP II Z – 32
- Cal hidratada CH-III
- Agregado miúdo natural proveniente do Rio Paraná
- Agregado miúdo reciclado misto (RCD)
- Água potável

MÉTODOS

MOAGEM DO RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

O resíduo de construção e demolição (RCD) utilizado nas substituições do agregado miúdo natural (areia) é produzido pela empresa FUTURE, presente no município de Cascavel-Pr. Ao chegar na empresa o resíduo passa por uma seleção onde são retirados materiais inadequados, como madeira, aço, vidro, plástico, entre outros, restando apenas materiais cerâmicos e cimentícios.

Após a separação, os materiais cerâmicos e cimentícios passam por um processo de trituração realizado por um triturador do tipo mandíbula e em seguida ocorre o processo de peneiração.

Depois do processo de peneiramento são produzidas várias composições granulométricas que são separadas e organizadas em montes.

CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Foram realizadas diferentes misturas com os agregados variando sua porcentagem em 0, 15, 25, 50 e 100% de substituição dos agregados miúdo natural pelo agregado reciclado de cerâmica. Dessa forma, foram realizados os seguintes ensaios de caracterização dos agregados:

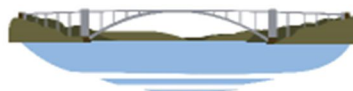
- Granulometria segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003);
- Material Pulverulento segundo a NBR NM 46 (ABNT, 2003);
- Massa Unitária segundo a NBR NM 45 (ABNT, 2006)
- Massa Específica segundo a NBR NM 52 (ABNT, 2009)
- Absorção de Água segundo a NBR NM 30 (ABNT, 2001).

PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS

Os diferentes tipos de argamassa de revestimento foram produzidos segundo o traço de 1:2:8 (cimento, cal e areia) definido em massa, conforme Araújo (2014), Lima et al (2016) e Lima (2005). As argamassas de revestimentos destinadas a confecção dos corpos de prova prismáticos e cilíndricos foram misturados na argamassadeira e no carrinho de mão.

Produziu-se 4 tipos de argamassas de revestimento, onde 1 tipo corresponde à argamassa de referência com 0% de substituição e os outros 3 tipos tiveram o agregado miúdo natural areia substituída por agregado miúdo reciclado de resíduo de construção civil (RCD) nas proporções de 15%, 25% e 50%, conforme LIMA et al (2016) e LIMA (2005).

Para a produção das argamassas foi realizado o ensaio de Índice de Consistência segundo a NBR 13278 (ABNT, 2016).



CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS

A partir das diferentes argamassas produzidas com o ensaio do índice de consistência, foram realizados os seguintes ensaios de caracterização das mesmas após 28 dias de cura:

- Resistência à Tração na Flexão segundo a NBR 13279 (ABNT, 2005);
- Resistência à Compressão segundo a NBR 13279 (ABNT, 2005);
- Módulo de Elasticidade segundo a NBR 8522 (ABNT, 2015);
- Resistência de Aderência à Tração segundo a NBR 13528 (ABNT, 2010);
- Absorção de Água por Capilaridade segundo a NBR 9779 (ABNT, 2012);
- Exposição à Altas Temperaturas segundo Meneses (2011) e Lima (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Observa-se na Figura 1 que a granulometria das misturas de agregado natural e reciclado demonstraram ser bastante similares, apresentando uma distribuição granulométrica mal graduada, onde há grande concentração de agregados nas peneiras 300µm e 150µm.

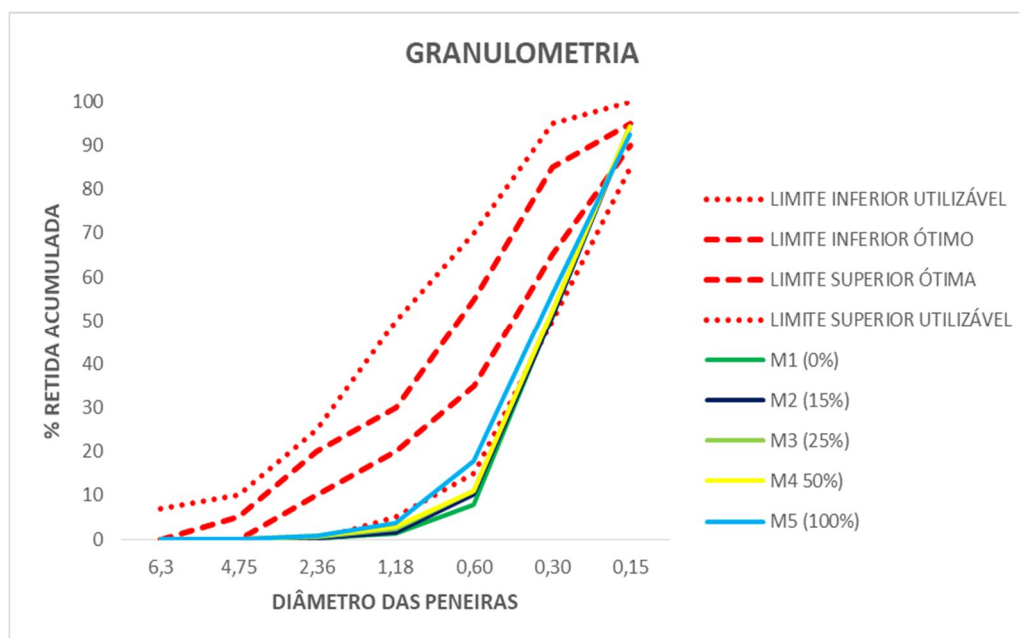
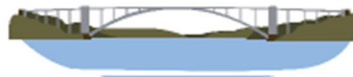


Figura 1: Curvas Granulométricas das Misturas. Fonte: Autoras do Trabalho.

Na Tabela 1 se encontra os resultados dos demais ensaios de caracterização dos agregados.

Tabela 1. Resultado Geral dos Ensaios de Caracterização. Fonte: Autoras do Trabalho.

Ensaio		Misturas dos agregados natural e reciclado				
		M1	M2	M3	M4	M5
Granulometria	DMC	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
	MF	1,55	1,57	1,60	1,61	1,71
Material pulverulento (%)		0,45	1,71	2,65	5,33	10,29
Massa unitária (kg/m ³)		1336,27	1451,43	1491,03	1504,77	1511,64
Massa específica (g/cm ³)		5,04	5,10	5,20	5,34	5,42
Absorção de água (%)		0,02	0,04	0,06	0,09	0,12



PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS

Índice de Consistência

Como mostrado na Tabela 2 a argamassa de referência com 100% de resíduo natural apresentou a menor relação de água/cimento igual a 2,25 para obter um índice de consistência de 250,85 mm, já a maior relação de água/cimento igual a 2,45 foi apresentada pela argamassa com 50% de resíduo de construção e demolição (RCD) para obter um índice de consistência de 250,52 mm.

Tabela 2. Relação água/cimento das Argamassas. Fonte: Autoras do Trabalho.

ARGAMASSA	AR	ARCD15	ARCD25	ARCD50
Relação a/c	2,25	2,30	2,35	2,45
Índice de consistência (mm)	250,85	255,21	251,73	250,52

CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS

Resistência à Tração na Flexão

Conforme os resultados presentes na Figura 2, observa-se que a medida em que se aumenta a substituição do agregado miúdo pelo agregado reciclado, há aumento da resistência de tração na flexão das argamassas, com os valores variando de 0,86 MPa, 1,49 MPa, 1,64 MPa e 1,72 MPa para as argamassas AR_t, ARCD15_t, ARCD25_t e ARCD50_t, respectivamente.

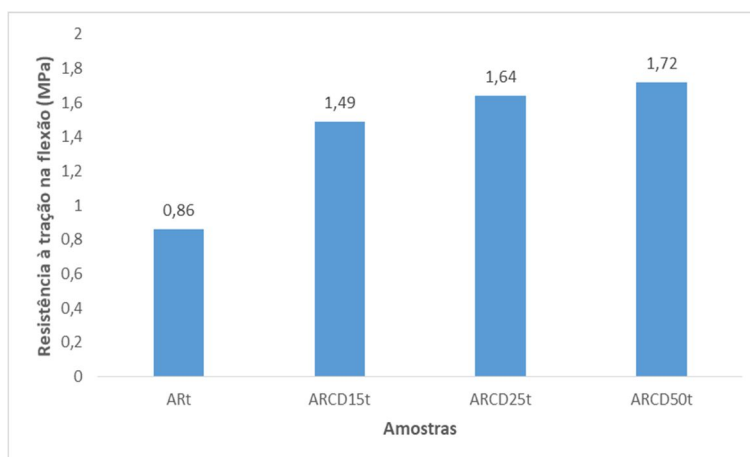


Figura 2: Resistência à Tração na Flexão. Fonte: Autoras do Trabalho.

Resistência à Compressão

Conforme os resultados presentes na Figura 3, observa-se que a medida em que se aumenta a substituição do agregado miúdo pelo agregado reciclado, há aumento da resistência à compressão das argamassas, com os valores variando de 1,86 MPa, 1,94 MPa, 2,01 MPa e 2,25 MPa para as argamassas AR_c, ARCD15_c, ARCD25_c e ARCD50_c, respectivamente.

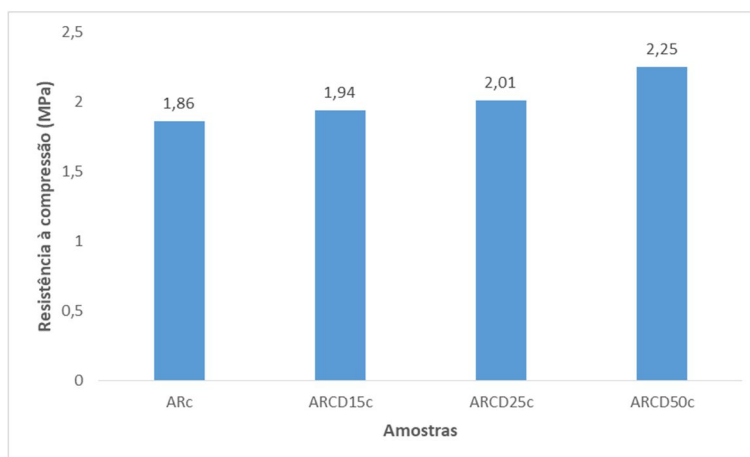


Figura 3: Resistência à Compressão. Fonte: Autoras do Trabalho.



Módulo de Elasticidade

Conforme os resultados presentes na Figura 4, observa-se que a medida em que se aumenta a substituição do agregado miúdo pelo agregado reciclado, há aumento do módulo de elasticidade das argamassas, com os valores variando de 23,72 GPa, 23,75 GPa, 25,97 GPa e 28,92 GPa para as argamassas AR_{Eci}, ARCD15_{Eci}, ARCD25_{Eci} e ARCD50_{Eci}, respectivamente.

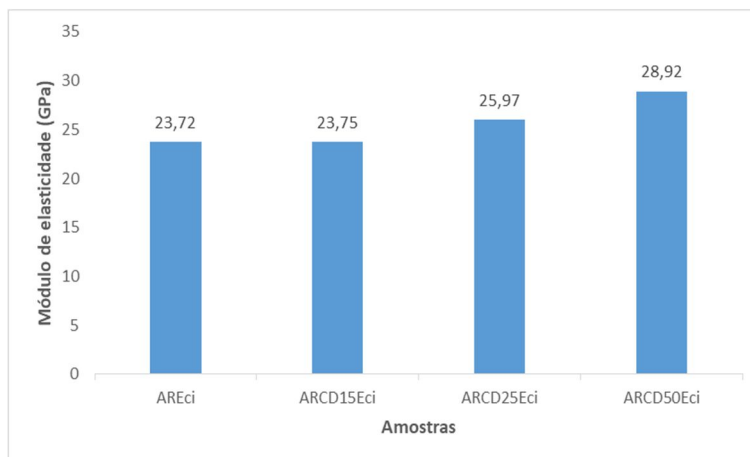


Figura 4: Módulo de Elasticidade. Fonte: Autoras do Trabalho.

Resistência de Aderência à Tração

Conforme os resultados presentes na Figura 5, observa-se que a medida em que se aumenta a substituição do agregado miúdo pelo agregado reciclado, há diminuição da resistência de aderência à tração da argamassa presente nos painéis, com os valores variando de 0,24 MPa, 0,23 MPa, 0,22 MPa e 0,21 MPa para as argamassas AR, ARCD15, ARCD25 e ARCD50, respectivamente.

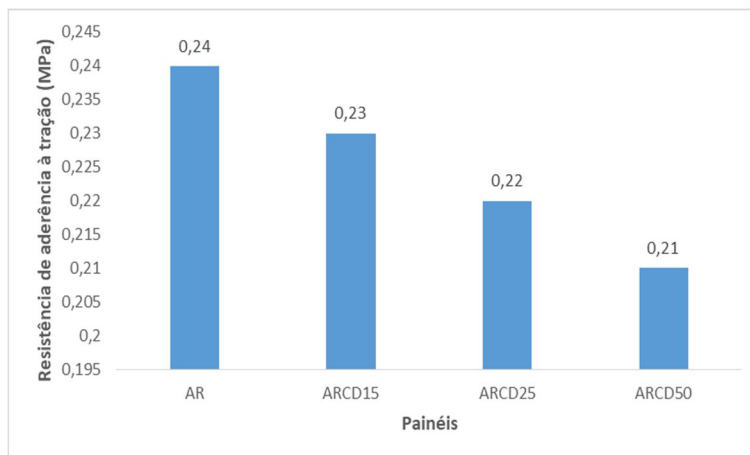


Figura 5 – Resistência de Aderência à Tração. Fonte: Autoras do Trabalho.

Absorção de Água por Capilaridade

Conforme os resultados presentes na Figura 6, observa-se que a medida em que se aumenta a substituição do agregado miúdo pelo agregado reciclado, há aumento da absorção de água dos copos de prova das argamassas, com os valores variando de 2,81 g/cm², 2,94 g/cm², 3,06 g/cm² e 3,20 g/cm² para as argamassas AR_c, ARCD15_c, ARCD25_c e ARCD50_c, respectivamente.

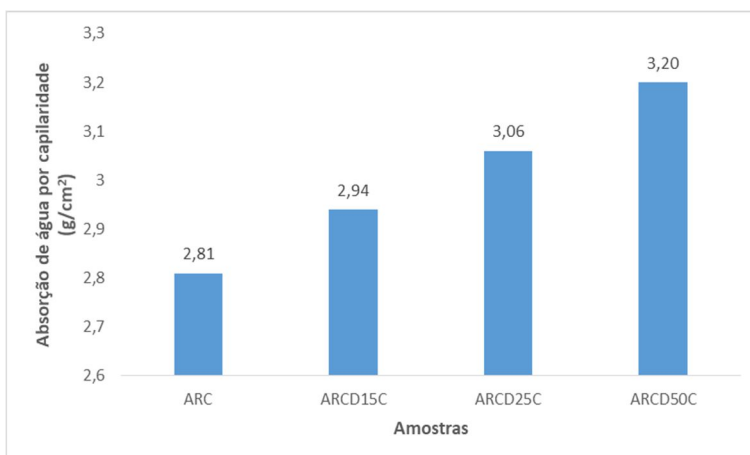


Figura 6: Absorção de Água por Capilaridade. Fonte: Autoras do Trabalho.

Exposição á Altas Temperaturas

Conforme os resultados presentes na Figura 7 e 8, observa-se que a medida em que se aumenta a temperatura diminuiu as resistências à tração na flexão e à compressão.

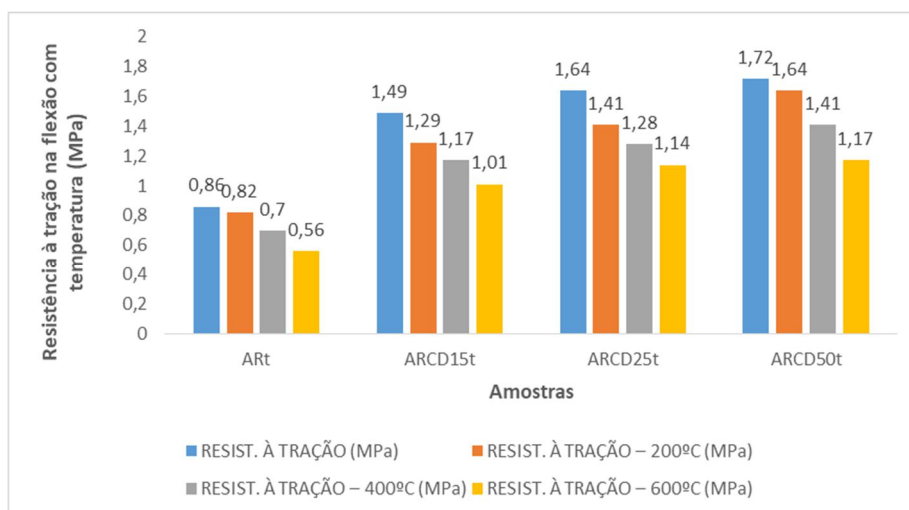


Figura 7: Resistência à Tração na Flexão com Temperatura. Fonte: Autoras do Trabalho.

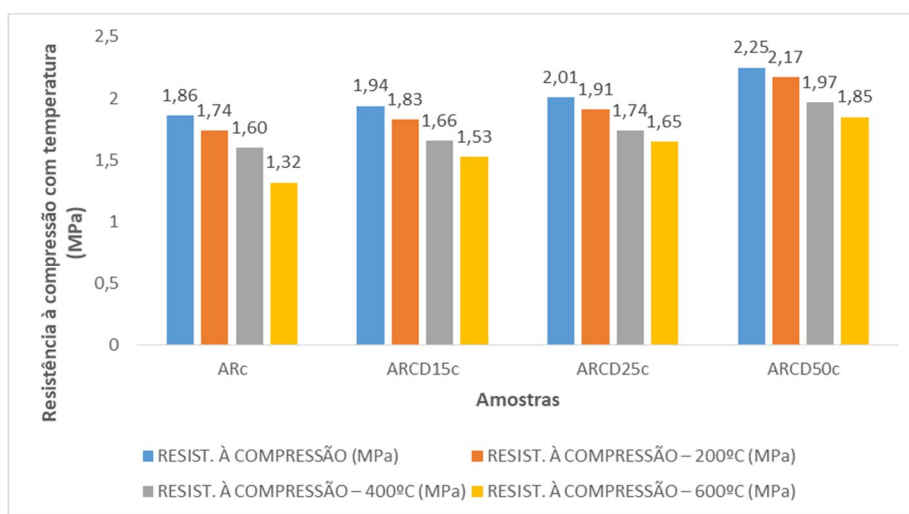
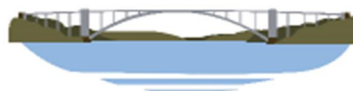


Figura 8: Resistência à Compressão com Temperatura. Fonte: Autoras do Trabalho.



CONCLUSÕES

Baseando-se nas análises realizadas através dos resultados obtidos em laboratório pode-se concluir que as argamassas com substituição até 50% de resíduo natural por reciclado podem ser usadas para a confecção do revestimento interno, pois atendem as exigências normativas mínimas, apresentando composição granulométrica dentro dos limites aceitáveis, havendo um ganho de resistência à tração na flexão e à compressão, bem como um aumento no módulo de elasticidade, obtendo resistência de aderência à tração mínima exigida em norma, absorvendo maior quantidade de água e sofrendo menor influência de temperaturas elevadas em comparação a argamassa de referência.

Como base nesses dados o presente trabalho demonstra ser viável a utilização do resíduo de construção e demolição na produção de argamassa em substituição ao agregado natural, reduzindo assim o impacto ambiental produzido pelo seu descarte inadequado e também a diminuição de custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Araújo, N. N. **Desempenho de Argamassas de Revestimentos Produzidas com Agregados Reciclados Oriundos do Resíduo da Construção e Demolição da Grande Natal – RN**. Natal, 2014. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil no ano de 2017**. São Paulo, 2017.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30: agregado miúdo: determinação da absorção de água**. Rio de Janeiro, 2001.
4. _____. **NBR NM 45: agregados: determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.
5. _____. **NBR NM 46: agregados: determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem**. Rio de Janeiro, 2003.
6. _____. **NBR NM 52: agregado miúdo: determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2009.
7. _____. **NBR NM 248: agregados: determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.
8. _____. **NBR 8522: concreto: determinação do módulo estático de elasticidade à compressão**. Rio de Janeiro, 2017.
9. _____. **NBR 9779: argamassa e concreto endurecidos: determinação da absorção de água por capilaridade**. Rio de Janeiro, 2012.
10. _____. **NBR 13278: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**. Rio De Janeiro, 2005.
11. _____. **NBR 13279: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio De Janeiro, 2005.
12. _____. **NBR 13528: revestimento de paredes de argamassa inorgânicas: determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro, 2010.
13. Brasileiro L. L., Matos J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Artigo publicado no Scielo – Scientific Electronic Library Online, 2015.
14. Cabral, A. E. B. et al. **Determinação da influência do tipo de agregado reciclado de resíduo de construção e demolição sobre o módulo de deformação de concretos produzidos com agregados reciclados**. Artigo científico publicado na Revista IBRACON de estruturas e materiais, São Paulo, v. 01, n.2, p.171-192, junho 2008.
15. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº. 307 de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre gestão dos resíduos da construção civil. 2002.
16. John, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 113p. Tese (Livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
17. Junior, J. V. B.; Romanel, C. **Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras**. Artigo científico publicado na Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), v.5, n.2, jul./dez. 2013.
18. Lima, F. S. N. S. **Aproveitamento de Resíduos de Construção na Fabricação de Argamassas**. João Pessoa, 2005. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.
19. Lima, R. C. A. **Investigação do Comportamento de Concretos em Temperaturas Elevadas**. Porto Alegre, 2005. 257 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
20. Lima, W. E. F *et al.* **Avaliação de Argamassas com Substituição do Agregado Miúdo Natural por Resíduos Cerâmicos**. Artigo científico publicado no 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Nov/2016.
21. Meneses, I. A. **Avaliação de Concreto com Adição de Fibras de Pet Submetido a Altas Temperaturas**. Natal, 2011. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.