

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA COM USO DE RESÍDUOS DE TELHAS DE CONCRETO COMO AGREGADO MIÚDO.

Thiago Weslei de Almeida Sousa¹, Aislan do Padro Oliveira².

¹Universidade Estadual de Goiás, tsqi@msn.com (PQ)*, ²Universidade Estadual de Goiás (IC).

Resumo: A construção civil é um dos setores mais importantes para geração de emprego e consumo de matérias primas ao redor do mundo, sendo considerado um grande indicativo do desenvolvimento de um país. Apesar do aprimoramento das técnicas construtivas, o setor é historicamente responsável por um elevado consumo de recursos naturais e pela geração de um grande volume de resíduos urbanos. Nesse contexto, o reaproveitamento dos resíduos de construção e demolição (RCD) surge como possibilidade de redução dos impactos causados ao meio ambiente. Tal alternativa, já bastante difundida na Europa e ainda incipiente no Brasil, precisa ser estimulada através do desenvolvimento de pesquisas que tenham como premissa o reaproveitamento de resíduos. Neste estudo avaliou-se a resistência à compressão de argamassas de traço 1:3 e fator água/cimento: 0,48, comparando três diferentes teores de substituição da areia por agregado reciclado, proveniente da trituração de resíduos de telhas de concreto, com o traço referência. Observou-se ao final de ensaios realizados no laboratório de resistência de materiais da UEG que para um percentual de 10% foi alcançada uma resistência equivalente ao traço referência. No entanto, para maiores teores de substituição, a queda da resistência indica a necessidade da correção do fator água/cimento.

Palavras-chave: Resíduo de construção e demolição. Agregados reciclados. Materiais cimentícios. Substituição. Propriedades mecânicas.

Introdução

A construção civil está presente na história da humanidade desde os primórdios da civilização humana. O setor é um dos que mais crescem na economia internacional e cada vez mais torna-se necessário o aprimoramento de técnicas e materiais que garantam solidez e confiabilidade dos projetos e também o uso racional de matérias primas. (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Ao longo de milhares de anos foram utilizados diversos materiais construtivos, como madeira, barro, blocos de pedra e estruturas metálicas, mas em escala de utilização é impossível não destacar o uso de argamassas e concretos como o mais difundido em todo mundo. (BAUER, 2011).

A possibilidade de utilização em obras de variados portes e situações climáticas diversas garantem grande viabilidade técnica e econômica ao uso de argamassas e concretos no nosso país. Nos últimos anos tem se intensificado o uso de aditivos para a melhoria das propriedades resistivas dos materiais a base de cimento Portland, o que tem incentivado o desenvolvimento de novos produtos que melhorem a qualidade e trabalhabilidade de concretos e argamassas. (ROYER et al., 2005).

O setor de construção civil sempre esteve intimamente ligado a desperdício e geração de resíduos (DE PAULA, 2010). Grande parte dos processos construtivos se desenvolveu a partir de técnicas empíricas que não costumam levar em conta o planejamento de obras e características dos materiais, gerando grande volume de resíduos sem preocupação com a deposição e reciclagem dos mesmos. (SILVA, 2004).

Segundo Petrucci (2003) as argamassas são materiais de construção constituídos por uma mistura íntima de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água, porém, para Alves (2002) as argamassas são misturas de um ou mais aglomerante, agregado miúdo, água e às vezes (saibro, caulim cinzas, etc.). Para a NBR 13281/2005 argamassas são resultantes de uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, podendo conter aditivos e ser dosada na própria obra ou industrialmente.

As argamassas tem diversas aplicações como o assentamento de alvenarias, azulejos, pisos, elementos de fachadas, revestimentos de paredes internas e externas de edificações, impermeabilizações de superfícies, reparos de concretos, etc. Para atender satisfatoriamente todas essas aplicações ela deve possuir como características uma boa resistência mecânica, impermeabilidade, trabalhabilidade, durabilidade e para usos aparentes em revestimentos de alvenarias é necessário também apresentar um bom acabamento (ALVES, 2002).

O tipo de argamassa utilizado nesse estudo é a argamassa de regularização, ou contrapiso, que tem função de regularizar a base e tornando-a plana, formar caimentos necessários para embutimentos de ralos e instalações e contribuir para o isolamento térmico de edificações. A correta execução do contrapiso é fundamental para o assentamento de pisos por ter função de garantir aderência e evitar o surgimento de fissuras e o descolamento de revestimentos garantindo segurança aos usuários.

O material mais utilizado na produção de argamassas é o cimento Portland, aglomerante ativo que endurece após contato com a água através de reações de hidratação dos grãos, obtido artificialmente através da queima de mistura calcário-argilosa e o agregado miúdo usado é a areia de origem natural ou artificial (britada) e tem propriedades que influenciam diretamente fatores como a resistência mecânica, impermeabilidade e aderência da argamassa ao substrato. (PETRUCCI, 2003)

Atualmente, com o aprimoramento da construção civil tornou-se comum o uso de aditivos com função de melhorar propriedades resistivas e trabalhabilidade. Entretanto, apesar do uso de aditivos, a crescente escassez de recursos naturais para produção de argamassas e concretos tornou necessária a pesquisa por “novos” agregados que substituam, ainda que parcialmente, a areia e a brita, sem comprometer a qualidade e propriedade das argamassas. (SILVA et al, 2015).

Segundo Brasileiro e Matos (2015) a construção civil é um dos setores com maior potencial para absorver resíduos de construção e demolição (RDC). Entre diversas possibilidades, a produção de agregados reciclados, a partir da reciclagem de resíduos, torna possível a utilização para execução de camadas de base e sub-base em pavimentação e também viabiliza a produção de argamassas, concretos e peças pré-moldadas.

O desenvolvimento desse trabalho, após leitura bibliográfica preliminar, sugere que a reutilização do resíduo de telhas de concreto para produção de argamassas pode reduzir do descarte inadequado desse material na natureza e torna-se uma alternativa à crescente escassez das jazidas de agregados miúdo natural na região próxima à cidade de Anápolis.

Uma alternativa ao uso de agregado miúdo natural (areia) a utilização de agregados reciclados obtidos a partir de descartes da fabricação de telha de concreto (DE PAULA, 2010). O material descartado é oriundo de telhas reprovadas em controle de qualidade e resíduos que se acumulam nas máquinas e pode, após a trituração, gerar um bom agregado por ser um material que foi inspecionado anteriormente para a produção das telhas.

Material e Métodos

Delimitação do estudo

A pesquisa foi desenvolvida nos laboratórios de materiais de construção civil e de resistência dos materiais da Universidade Estadual de Goiás – Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas situado na cidade de Anápolis. Os corpos de prova foram produzidos com cimento Portland, areia grossa, agregado reciclado (resíduo de telha de concreto) e água. A areia natural e o agregado reciclado foram peneirados para eliminação de impurezas que pudessem comprometer o andamento do estudo. Após a confecção dos corpos de prova os mesmos foram submetidos ao teste de resistência a compressão axial para as idades de 7, 14, 28 dias. Todos procedimentos foram realizados de acordo com as normas técnicas vigentes no país.

Caracterização dos materiais

Durante a realização do trabalho foram produzidos corpos de prova de argamassa constituído por Cimento Portland (CP) – II Z, agregado miúdo natural, agregado miúdo reciclado proveniente do resíduo de telha e água.

O cimento CP-II Z foi escolhido para realização do trabalho por ter ampla utilização na região Centro-Oeste. É caracterizado como cimento Portland Composto pela norma ABNT NBR 11578/1991 (versão corrigida: 1997) – Cimento Portland Composto – Especificação, que descreve teores dos componentes do cimento e exigências físicas e mecânicas.

O tipo utilizado nesse trabalho é o CP II Z 32, classificado como cimento Portland composto com adição de material pozzolânico, oriundo de rochas vulcânicas e derivadas da queima de argilas em altas temperaturas ou carvão mineral em usinas térmicas.

A análise da substituição parcial da areia por resíduo de fabricação de telhas de cimento foi iniciada com a coleta de material oriundo de descartes do processo de fabricação de telhas da empresa Tégula, situada no Distrito Agroindustrial de Anápolis (DAIA).

O traço de argamassa utilizado para confecção dos corpos de prova será o recomendado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), na proporção de 1:3, em volume, o que significa, por exemplo, que para cada 1 dm³ de aglomerante (cimento Portland) serão usados 3 dm³ de areia.

Definição do traço e moldagem dos corpos de prova

Na realização do estudo foram moldados ao total 48 corpos de prova, desse total 36 foram ensaiados e 12 foram moldados para reserva técnica em caso de falhas na desmoldagem ou na cura. A argamassa moldada é considerada “rica” com traço 1:3 e fator água/cimento 0,48. Para avaliação dos efeitos da substituição do agregado natural pelo agregado reciclado foram estabelecidos três percentuais de substituição: 10, 20 e 30% que seriam comparados com o traço “zero” que não contém substituição, conforme sumariado no quadro 1.

Quadro 1 - Classificação das misturas das argamassas

Traço	% Agregados
M0	100% agreg. natural
M1	90% agreg. natural + 10% agreg. reciclado
M2	80% agreg. natural + 20% agreg. reciclado
M3	70% agreg. natural + 30% agreg. reciclado

Fonte: o Autor

As argamassas foram produzidas de acordo com a NBR 7215/1996 – “Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão”. Em um recipiente foram adicionados água, o cimento, o agregado natural e o agregado reciclado. Todos materiais foram pesados previamente e o amassamento foi executado de forma manual.

Imediatamente após o amassamento, foi iniciada a moldagem dos corpos de prova. Utilizou-se moldes cilíndricos com dimensões de 50 x 100 mm previamente untados com óleo mineral de modo a garantir o desmolde dos corpos de prova. A argamassa foi colocada no molde em quatro camadas de alturas aproximadamente iguais, onde cada uma recebeu 30 golpes uniformes homogeneamente distribuídos.

Em seguida, os corpos de prova foram mantidos em um local isolado envolvidos por mantas umedecidas por um intervalo de 24 horas. Após esse período de cura, os corpos de prova foram desmoldados e encaminhados para a câmara úmida onde permaneceram até o momento da realização dos ensaios, como mostra o quadro 2.

O traço referência foi utilizado como parâmetro de resistência à compressão. Os traços com substituição tiveram seus resultados comparados ao traço M0 e após isso foi realizada a análise da influência do uso do agregado reciclado na resistência da argamassa.

Quadro 2 - Quantidade de corpos de prova produzidos

Porcentagens sugeridas para argamassa	Número de corpos de prova		
Traço	7 dias	14 dias	28 dias
M0 (referência)	4	4	4
M1 (10% ag. reciclado)	4	4	4
M2 (20% ag. reciclado)	4	4	4
M3 (30% ag. reciclado)	4	4	4

Fonte: O Autor.

Testes da resistência a compressão axial

Os corpos de prova foram submetidos ao teste de compressão axial preconizado pela NBR 7215/1996 Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão, para períodos de cura de 7, 14 e 28 dias para avaliação dos efeitos da substituição parcial da areia pelo agregado proveniente de resíduos de telha de concreto reciclado. O ensaio de compressão foi realizado com a prensa hidráulica do laboratório de Resistência de Materiais da UEG, com capacidade de carga de até 100 tF(tonelada-força).

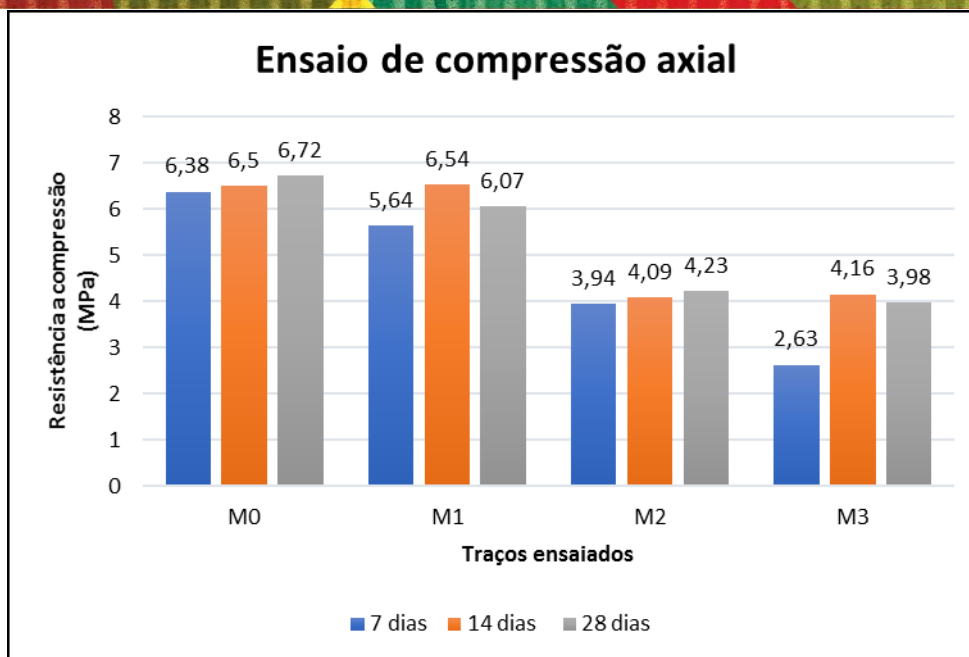
Resultados e Discussão

Após o desmolde dos corpos de prova, os mesmos foram imersos em água, conforme procedimento das NBR 7215, onde foram retirados somente no momento do ensaio.

Respeitando as idades de 7, 14 e 28 dias, os corpos de prova foram ensaiados no laboratório de Resistência de Materiais da UEG em uma prensa hidráulica PCE 100C de acionamento elétrico e indicador digital de leitura. Para estabelecer uma melhor análise entre os resultados do traço referência e os traços com substituição, elaborou-se o gráfico da figura 1.

A partir das informações contidas no gráfico, podemos observar que houve queda na resistência quando o percentual de substituição era igual ou superior a 20%. Isso nos permite inferir que é necessário a correção do fator água/cimento.

Figura 1 – Valores comparativos de resistência a compressão



Fonte: o Autor, 2016.

As argamassas com maiores percentuais de substituição apresentaram queda nos valores de resistência, fato este também observado nos estudos de Pivotto e Abreu (2015) que analisaram a substituição parcial da areia natural por agregado oriundo de rejeito basáltico.

Como o estudo pretendia analisar o uso de agregados reciclados em argamassas de regularização, que não tem função estrutural mas necessitam de boa durabilidade, fica evidente a necessidade no aumento da quantidade de cimento sem aumentar a quantidade de água, visto que, para a utilização da mesma em obras, o aumento da quantidade de água prejudicaria a trabalhabilidade e o processo de cura, afetando a correta execução do contrapiso (BT 44 - USP/1991).

De acordo com os dados obtidos, podemos inferir que a resistência da argamassa sem substituição foi praticamente constante, apresentando uma resistência média de 6,53 MPa e se encontra na classe P5 segundo a NBR 13281/2005. Estes valores foram tomados como referencial para análise da resistência das argamassas com agregado reciclado.

Segundo estudo de Jochem e colaboradores (2012), que utilizou o traço 1:7,5 foi encontrado uma resistência inferior a 5,33 MPa. No experimento realizado no desenvolvimento desse trabalho foi definido um traço 1:3 e alcançou-se uma resistência de 6,53 MPa e pode-se constatar que o traço apresentou, conforme

esperado, um valor de resistência à compressão axial superior ao estudo comparado.

A argamassa M1 apresentou resistência média de 6,08 MPa. Assim, podemos inferir que a resistência compressão sofreu uma queda de 6,84% em relação a resistência do traço referência. Contudo, a argamassa M1 também é classificada na Classe P5 e isso indica uma viabilidade na substituição da areia natural por até 10% de agregado reciclado sem a necessidade da correção no fator água/cimento.

No estudo de Calçado (2015) para um teor de 15% de substituição de agregado natural por agregado reciclado observou-se uma diminuição de 6,5% da resistência em relação ao traço referência utilizado, resultado semelhante ao encontrado no presente estudo.

A argamassa M2 apresentou uma resistência média de 4,09 MPa, o que significa uma queda expressiva na resistência de 37,4%. Tal fato indica a necessidade da correção do fator água/cimento ou utilização de aditivos para se alcançar uma viabilidade na utilização de 20% de agregado reciclado para substituir a areia.

A argamassa M3 apresentou uma resistência média de 3,59 MPa o que representa aproximadamente 55% da resistência da argamassa referência. Observando o gráfico podemos perceber que a argamassa M3 diferentemente dos traços anteriores apresentou um ganho resistência significativo entre as idades de 7 e 14 dias, no entanto, pela baixa resistência média alcançada podemos inferir que para uma substituição de 30% a argamassa teria que passar por um período de cura maior e seria necessário a correção do fator água/cimento ou utilização de aditivos.

Considerações Finais

Pode-se observar que a granulometria do agregado reciclado, obtido a partir da trituração das telhas, é bem satisfatória com dimensões características iguais e módulos de finura, que mesmo diferentes entre si, podem ser utilizados na produção de argamassas sem comprometer o desempenho desejado.

Notou-se que para a utilização dos agregados reciclados, a partir de 20% de substituição, será necessária a correção do traço e a busca de novo fator água/cimento que não comprometa a consistência e a trabalhabilidade esperada para a utilização das argamassas com agregados reciclados em larga escala.

Por isso, sugere-se que no desenvolvimento de novos trabalhos sobre argamassas e concretos com agregados reciclados seja avaliada em conjunto com a utilização de aditivos. Outra sugestão pertinente é avaliar a possibilidade da utilização de agregados reciclados em elementos pré-moldados como blocos de concreto, meio-fio, telhas e canaletas.

Agradecimentos

Agradecimento à Universidade Estadual de Goiás e ao curso de Engenharia Civil por todo apoio prestado a esta pesquisa.

Referências

ALVES, J. D. **Manual de tecnologia do concreto** – ed. rev. Goiânia: Editora UCG, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10908 - Aditivos para argamassas e concreto – Ensaio de Caracterização**. Rio de Janeiro. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578 - Cimento Portland Composto – Especificação**. Rio de Janeiro. 1991. (versão corrigida 1997).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116 – Agregados reciclados de resíduos de construção civil – Utilização em pavimentação e preparo em concreto sem função estrutural – Requisitos**. Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6467 – Determinação de inchamento de agregados miúdos**. Rio de Janeiro. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215 - Cimento Portland – Determinação da resistência a compressão**. Rio de Janeiro. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30 - Agregado miúdo - Determinação de absorção de água**. Rio de Janeiro. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 43 - Determinação da pasta de consistência normal**. Rio de Janeiro. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52 - Agregado miúdo -Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 65 - Determinação da pasta de consistência normal.** Rio de Janeiro. 2002.

BAUER, Falcão L. A. **Materiais de construção** – 5. ed. revisada Vol.1. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2011.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E.. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil.** *Cerâmica* [online]. 2015, vol.61, n.358, pp.178-189. ISSN 0366-6913.

DE PAULA, P. R. F. **Utilização dos resíduos de construção civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural.** Recife, 2010: Dissertação (Mestrado), Programa de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco.

JOCHEM, L. F.; ROCHA, J. C.; CHERIAF, M. The Influence of Fine Sand from Construction-Demolition Wastes (CDW) in the Mortar Properties. **Key Engineering Materials (Online)**, v. 600, p. 357-366, 2014.

PETRUCCI, E. G.R., **Materiais de construção** – 12. ed. São Paulo: Ed. GLOBO, 2003.

PIVOTTO, E. ; ABREU, A.G.DE . **Estudo de Areia de Rejeito Basáltico para Produção de Argamassas.** In: XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2015, Porto Alegre. XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas (SBTA). Porto Alegre: ANTAC, 2015.

SILVA, da L. R. A., **Utilização do entulho como agregado para produção de concreto reciclado.** Niterói, 2004: Dissertação (Mestrado), Programa de mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense.

SILVA, L. S., DEMETRIO, J. C.C., DEMETRIO, F. J. C. **Concreto sustentável: Substituição da areia natural por pó de brita para confecção e concreto simples.** In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES CLEANER PRODUCTION: São Paulo. Trabalho acadêmico. São Luís: UEMA, 2015. p. 1-2.

SOUSA, T. W. A.; ROSSETO, R.; TOMAZ, A., **Utilização de aditivos químicos para o aumento da resistência da argamassa durante o processo de cura.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, Natal, 2014. Artigo. Anápolis: UEG, 2014.