



Uso da cinza de casca de arroz para redução de cimento em argamassa autonivelante

USE OF RICE HUSK ASH TO REDUCE CEMENT IN A SELF-LEVELLING MORTAR

Ana Caroline Kaszuba*, José Ilo Pereira Filho†

RESUMO

As argamassas autonivelantes são materiais de elevada fluidez, cuja formulação envolve grande consumo de cimento e elevados gastos energéticos. A cinza de casca de arroz (CCA) é um resíduo agroindustrial com alto teor de sílica e potencial pozolânico, que propiciam a conservação das propriedades físicas e mecânicas da argamassa e ainda permite a reciclagem desse resíduo, que geralmente é descartado inadequadamente. O objetivo desta pesquisa apresenta-se como uma proposta de investigar a possibilidade de redução de cimento em argamassas autonivelantes mediante a incorporação da CCA. Assim, para a confecção de argamassas autonivelantes foram desenvolvidos dois traços, o primeiro sem incorporação de CCA e o segundo com substituição em massa de 13,3 por cento da areia. Com o segundo elaboraram-se dosagens de argamassa com 5 e 10 por cento de redução de cimento. Para avaliar o desempenho físico e mecânicos das argamassas autonivelantes foram realizados ensaios no estado fresco e endurecido, para as idades de 14 e 28 dias. As dosagens com CCA e redução de cimento, apresentaram resultados promissores no estado fresco e a resistência mecânica atingiu valores superiores aos limites estabelecidos, comprovando a viabilidade da redução do cimento, dado o potencial da CCA como pozolana.

Palavras-chave: argamassa autonivelante, cinza de casca de arroz, pozolana, redução de cimento.

ABSTRACT

Self-levelling mortars are highly fluid materials whose formulation involves large consumption of cement and high energy costs. Rice husk ash (RHA) is an agro-industrial residue with a high silica content and pozzolanic potential, which promotes the conservation of the physical and mechanical properties of the mortar moreover still allows for the recycling of this residue, which is usually improperly discarded. This research aims to present a proposal to investigate the possibility of cement reduction in self-levelling mortars through the incorporation of RHA. Thus, for the preparation of self-levelling mortars, two traces were developed, the first without incorporation of RHA and the second with a mass replacement of 13.3 per cent of the sand. With the second were elaborated dosages of mortar with 5 and 10 per cent cement reduction. To evaluate the physical and mechanical performance of the self-levelling mortars tests were carried out in the fresh and the hardened state for the ages of 14 and 28 days. The dosages with RHA and cement reduction delivered promising results in the fresh state and the mechanical attained values above the corrected limits, proving the feasibility of cement reduction, given the potential of RHA as a pozzolan.

Keywords: self-levelling mortar, rice husk ash, pozzolan, cement reduction.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente para um material ser considerado inovador e viável para uso, ele deve possuir duas características principais: possibilitar agilidade aos processos construtivos e ser sustentável. Isto posto, a argamassa autonivelante pode alcançar ambos aspectos em vista da possibilidade de redução dos impactos

* Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; anakaszuba@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco; ilofilho@yahoo.com.br



ambientais, causados pela produção de cimento, ao utilizar a cinza de casca de arroz (CCA), cujo potencial pozolânico evita perda de desempenho.

A argamassa autonivelante é um material de base cimentícia com propriedades como elevada fluidez e potencial de se auto adensar, mantendo a coesão e homogeneidade, estas características são responsáveis por garantir uma rápida e fácil aplicação e, também, possibilita redução dos defeitos de modelagem devido às falhas de aplicação ou técnicas inadequadas (RUBIN, 2015; CHAVES 2019).

Para Tutikian e Molin (2008), misturas auto adensáveis possuem uma maior necessidade de finos para melhorar a coesão, a partir da redução da tensão de escoamento e aumento da viscosidade. No entanto, misturas com maior teor de finos podem ser mais suscetíveis à retração e à fissuração, devido à rapidez com que ocorre o processo de hidratação (SILVA, S., 2016).

De acordo com Rizwan e Bier (2012) adições minerais são fundamentais em misturas auto adensáveis para manter o equilíbrio entre resistência à segregação e fluidez. A utilização de adições minerais permite que se alcance maior controle da quantidade de água e cimento, da retração, da liberação de calor de hidratação e da fluidez, melhorando a microestrutura e por consequência a resistência e a durabilidade (CHAVES, 2019). Para Menezes et al. (2009), adições pozolânicas podem substituir parte do cimento na mistura, pois promovem melhora das propriedades mecânicas e também atuam fisicamente (efeito filler) melhorando a trabalhabilidade.

A CCA é um resíduo agroindustrial com alto potencial pozolânico. O teor de sílica da CCA chega a 90%, se o processo de queima for controlado e quando moída os efeitos desta se comparam com a da sílica ativa, estimulando o ganho de resistência mecânica e reduzindo a porosidade, mesmo com redução no consumo de cimento, reforçando o bloqueio ao ataque de agentes agressivos (ISAIA, 2017; PEREIRA et al., 2015).

Portanto, qual é o efeito da cinza de casca de arroz em argamassas autonivelantes para que seja possível reduzir o consumo de cimento nessas misturas?

Esta pesquisa se propõe a investigar a viabilidade de reduzir a quantidade de cimento em argamassas autonivelantes com incorporação da cinza da casca de arroz residual, em substituição à areia, além de verificar quais percentuais de redução do aglomerante são viáveis de serem adotados, de acordo com a influência da CCA no comportamento físico e mecânico das argamassas autonivelantes.

2 MÉTODO

Para realização dos ensaios utilizou-se o Laboratório de Materiais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, durante o ano de 2021. Em todos os ensaios as condições do laboratório foram: temperatura de (23 ± 2) °C e a umidade relativa do ar de (60 ± 5) %.

O cimento utilizado foi o CP V – ARI, este apresenta grandes ganhos de resistência em idades iniciais e possui elevada finura, colaborando para um aumento de fluidez. A massa específica e a superfície específica do cimento, de valores $3,12 \text{ g/cm}^3$ e $4078 \text{ cm}^2/\text{g}$, respectivamente, foram retirados da pesquisa de Reis e Pereira Filho (2020). O agregado miúdo adotado foi areia normal brasileira, no intuito de eliminar a interferência de materiais inadequados presentes em areias naturais e para garantir melhoria das características reológicas da pasta. Obteve-se a massa específica da areia de acordo com o ensaio da NBR 9776 (ABNT, 1987).

A cinza de casca de arroz, proveniente da Cooperativa Agrícola Alegrete Ltda. (CAAL), localizada na cidade de Alegrete – RS, foi adicionada à mistura para verificar o potencial pozolânico da CCA residual, originada a partir de um processo de queima sem controle de temperatura e sem tratamento prévio de moagem. Reis e Pereira Filho (2020), apontam em sua pesquisa que mesmo com alto pico cristalino, verifica-se que a CCA apresenta grau de amorficidade. A massa específica e a superfície específica da CCA, de valores $1,92 \text{ g/cm}^3$ e $6.185,60 \text{ cm}^2/\text{g}$, respectivamente, foram retirados da pesquisa de Reis e Pereira Filho (2020).



Sendo assim, considerando o alto consumo de cimento e finos, fez-se necessário para a confecção das argamassas o uso de aditivos. O aditivo superplastificante (SPP) da empresa GCP Applied Technologies, TEC-FLOW 8000, cuja massa específica varia entre 1,080-1,120 g/cm³, foi empregado a mistura para promover melhor fluidez e possibilitar a redução da água (TUTIKIAN; MOLIN, 2008). O aditivo modificador de viscosidade (AMV) da empresa Camargo Química, CQ ADMIZ MV, cuja massa específica varia entre, 1,00-1,05 g/cm³, foi utilizado com o objetivo de amenizar a segregação e exsudação, devido à necessidade de maiores quantidades de água na mistura.

A dosagem da mistura, utilizada para realizar os estudos de argamassa autonivelante desta pesquisa, teve como base os traços de Reis e Pereira Filho (2020) e Silva (2016). Com base nestes foi elaborado uma adaptação que gerou o traço 1:1,25:0,0047:0,0139:0,4 (cimento: agregado miúdo: SPP: AMV: água), a partir desse produziu-se a argamassa de referência (A0). No entanto, para as argamassas em que foi substituído 13,3%, em massa, de areia por cinza de casca de arroz, fez-se necessária uma nova adaptação da dosagem, que gerou o traço 1:0,94:0,0047:0,0139:0,4 (cimento: agregado miúdo: SPP: AMV: água). A partir do qual reduziu-se da quantidade em massa de cimento nas porcentagens de 5% e 10%.

Os procedimentos de mistura e preparo dos corpos de prova seguiram as etapas descritas na NBR 16541 (ABNT, 2016), NBR 13279 (ABNT, 2005), respectivamente. Foram utilizados, para cada idade, 3 corpos de prova de cada uma das argamassas elaboradas. Após a mistura dos materiais componentes, ensaiou-se cada traço da argamassa autonivelante no estado fresco. A trabalhabilidade foi observada seguindo o ensaio proposto pela NBR 13276 (ABNT, 2016), no qual verificou-se o índice de consistência, cujo valor mínimo para ser considerado autonivelante deve ser 240 mm (CHAVES, 2019). Neste mesmo procedimento, também se examinou a existência de possível segregação e exsudação na mistura, por meio da avaliação visual da borda. Para a determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado da argamassa autonivelante empregou-se uma adaptação do procedimento estabelecido pela NBR 13278 (ABNT, 2005).

Por fim, os corpos de prova foram moldados e mantidos por 72 horas nos moldes em ambiente com temperatura de (23 ± 2) °C e umidade relativa do ar de (60 ± 5) %. Na sequência os corpos de prova foram retirados dos moldes e permaneceram sob mesmas condições até atingirem 14 e 28 dias, para serem ensaiados à tração na flexão e à compressão axial de acordo com o estabelecido na NBR 13279 (ABNT, 2005).

3 RESULTADOS

Com base no relatório de análise da areia normal brasileira, o agregado miúdo utilizado é classificado como areia média fina e sua massa específica apresentou um valor de 2,65 g/cm³.

Na etapa de preparo das argamassas com CCA, foi aumentado a quantidade de aditivo superplastificante, dado que os traços com 5% (A5) e com 10% (A10) de redução de cimento não obtiveram resultados satisfatórios de espalhamento. Portanto, foram utilizados 0,578% e 0,0584% de aditivo superplastificante nos traços A5 e A10, respectivamente. Após a confecção dos traços foi feita a avaliação das propriedades da argamassa no estado fresco, cujo resultados estão apresentados na Tab. 1.

Tabela 1 – Propriedades da argamassa no estado fresco

Traço	Índice de Consistência (mm)	Densidade de massa (g/cm ³)	Teor de ar incorporado (%)
A0	356	1,88	15,31
A5	257	1,72	19,26
A10	269	1,78	15,65

Fonte: Autoria própria (2021).

Percebe-se que os traços com redução de cimento e incorporação de CCA perderam trabalhabilidade e fluidez em decorrência do aumento de finos e maior consumo de aglomerante, mesmo assim ambas as argamassas superaram a marca de 240 mm de espalhamento mínimo. Com relação à densidade de massa e o teor de ar incorporado, segundo Silva (2016) maiores teores de ar incorporado resultam em argamassas de menor densidade. Além disso, os maiores valores de teor de ar incorporado estão relacionados com a alta área de superfície específica e a porosidade da cinza, no entanto, de acordo com Rubin (2015), a característica autonivelante das argamassas produzidas deveriam resultar em maior densidade de massa.

Os resultados da análise visual das argamassas podem ser observados na Fig. 1. A borda da pasta escoada dos três traços apresentou-se uniforme, mostrando que a argamassa tem menor tendência a segregar. O traço A10 foi o único a apresentar indícios de segregação e exsudação, dado que a borda da pasta tinha menor espessura, indicando pouca coesão.

Figura 1 – Índice de consistência e aspectos visuais das argamassas

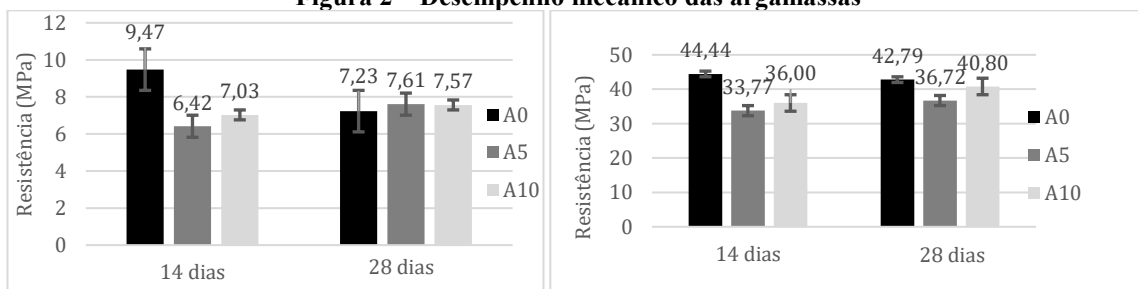


(a) Argamassa A0 (b) Argamassa A5 (c) Argamassa A10

Fonte: Autoria própria (2021).

Nas Figuras 2(a) e 2(b), observa-se que em relação à argamassa A0, as resistências à tração na flexão e à compressão axial aos 14 dias excederam as resistências aos 28 dias. Esses resultados podem ter sofrido influência do processo de mistura, visto que, para a elaboração dos corpos de prova para 14 e 28 dias, foram feitas duas argamassadas separadamente. Devido à pandemia do COVID-19 não foi possível serem realizados novos ensaios.

Figura 2 – Desempenho mecânico das argamassas



(a) Resistência à tração na flexão

(b) Resistência à compressão axial

Fonte: Autoria própria (2021).

Na Figura 2(a) estão representados os resultados do ensaio de resistência à tração na flexão das argamassas nas idades de 14 e 28 dias. Aos 14 dias os corpos de prova (CP's) com CCA apresentaram resistência menor em comparação a argamassa de referência. Aos 28 dias percebe-se que os valores de resistência, para os três traços, são próximos e superam os resultados a 14 dias, apontando que as reações pozolânicas com a CCA intensificaram-se após esse período.

Na Figura 2(b) estão representados os resultados do ensaio de resistência à compressão axial das argamassas nas idades de 14 e 28 dias. Aos 14 dias a argamassa de referência apresentou alta resistência



indicando viabilidade de reduzir cimento. Isto pode ser confirmado, ao verificar que as resistências alcançadas pelos traços A5 e A10 foram melhores que o esperado. Aos 28 dias, a resistência dos CP's com CCA foram proporcionalmente superiores aos resultados obtidos a 14 dias.

Sendo assim, confirma-se que as reações pozolânicas com a CCA são potencializadas a partir dos 14 dias e tais resultados apontam a existência de reações pozolânicas na mistura, atestando que a CCA está reagindo com o hidróxido de cálcio, formando o silicato de cálcio hidratado (C-S-H), de modo a conservar a resistência.

4 CONCLUSÃO

A pesquisa teve como objetivo analisar o desempenho de argamassas autonivelantes com incorporação de cinza de casca de arroz residual frente a redução da quantidade de cimento. A partir dos resultados obtidos constatou-se que a redução de cimento nas argamassas autonivelantes com cinza de casca de arroz não trouxe prejuízos significativos ao desempenho mecânico do material. Assim, comprova-se a viabilidade de resíduos agrícolas serem incorporados em materiais de base cimentícia como uma forma de melhorar o desempenho funcional destes, bem como promover menor gasto energético.

O desempenho no estado fresco das argamassas não alcançou o esperado, de maneira que as porcentagens elevadas resultantes, de teor de ar incorporado, podem trazer prejuízos mecânicos posteriores, em decorrência do aumento da porosidade e redução da durabilidade. Deste modo, se faz necessária realização de estudos futuros a respeito de dosagens com incorporação de CCA e redução de cimento, que permitam uma melhor eficiência do efeito filler, com o objetivo de reduzir os vazios na mistura e aumentar a resistência mecânica da argamassa.

Os resultados alcançados também mostram que a cinza de casca de arroz residual participa das reações pozolânicas. Isto é, nota-se que como a CCA residual passa por um processo de queima sem controle, em que as faixas de temperatura são diversificadas, o material contém sílica no estado amorfo e cristalino. Desta maneira, pode ser examinado futuramente argamassas com maior teor de incorporação de CCA e porcentagem de redução de cimento. Pois, com substituição de 13,3% da areia pela CCA e diminuição de 5 e 10 por cento de aglomerante, os corpos de prova feitos atingiram bons resultados de resistência mecânica.

Pode-se concluir que o potencial de utilizar a cinza de casca de arroz residual como pozolana é significativo, possibilitando a redução do cimento em argamassas autonivelantes. Inferindo a possibilidade de redução de impactos ambientais, a partir da diminuição de gastos energéticos e descarte inadequado da cinza.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação Araucária pela bolsa oferecida para a realização dessa pesquisa e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016. 2 p.

_____. **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. 4 p.



____. **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. 9 p.

____. **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016. 2 p.

CHAVES, Patrícia da Silva. **Argamassa autonivelante com adição mineral (filer) de resíduo de beneficiamento de mármore e granito**. 2019. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

ISAIA, Geraldo Cechella et al. Viabilidade do emprego de cinza de casca de arroz natural em concreto estrutural (parte II): durabilidade. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 233-252, jun. 2017.

MENEZES, Romualdo R. et al. **Atividade pozolânica dos resíduos do beneficiamento do caulim para uso em argamassas para alvenaria**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 795-801, dez. 2009.

PEREIRA, Adriana Maria et al. **Estudo das propriedades mecânicas do concreto com adição de cinza de casca de arroz**. Matéria (Rio de Janeiro), [S.L.], v. 20, n. 1, p. 227-238, mar. 2015.

REIS, Waleska Moraes; PEREIRA FILHO, José Ilo. Uso da cinza de casca de arroz na substituição da areia em argamassa autonivelante. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 25., 2020, Toledo. **Anais...** Toledo: UTFPR, 2020.

RIZWAN, Syed Ali; BIER, Thomas A.. **Blends of limestone powder and fly-ash enhance the response of self-compacting mortars**. Construction And Building Materials, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 398-403, fev. 2012. Elsevier BV.

RUBIN, Ariane Prevedello. **Argamassas autonivelantes industrializadas para contrapiso**: análise do desempenho físico-mecânico frente às argamassas dosadas em obra. 2015. 1 v. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SILVA, Sarah Honorato Lopes da. **Desenvolvimento de formulação de argamassas autonivelantes para pisos e avaliação de retração por secagem**. 2016. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; MOLIN, Denise Carpena dal. Materiais Constituintes. In: TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; MOLIN, Denise Carpena dal. **Concreto auto-adensável**. São Paulo: Pini, 2008. Cap. 2. p. 27-40.