

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA MOVELEIRA NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS

Roziani M. Gomes^{1*}, Ariel M. de Souza¹, José C. L. Ribeiro¹, Antônio C. G. Tibiriçá² e José M. F. Carvalho¹

1 - Departamento de Engenharia de Civil, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

2 - Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

<mailto:roziani.gomes@ufv.br>

RESUMO

Foi evidenciada uma elevada geração de resíduos provenientes do processo produtivo de móveis no polo moveleiro de Ubá, MG, o que pode representar um grande potencial de aproveitamento desses resíduos. Analisando-os como matéria-prima, verifica-se possibilidade de desenvolvimento tecnológico de novos produtos aplicáveis na construção civil, sendo os resíduos: cinza do processo de incineração de cavacos de eucalipto usados nos aquecedores; lodo advindo da estação de tratamento de esgoto - ETE; e serragem de painéis de MDF e MDP provinda do corte e laminação. Portanto, essa pesquisa investiga perspectivas desses novos produtos serem objetos de valor econômico que ainda não foram suficientemente explorados no mercado da construção civil, sendo aplicados em argamassas. Os materiais foram caracterizados em ensaios de finura, massa específica e granulometria a laser. Foram realizados os ensaios de compressão e flexão nas argamassas de referência e com adição dos resíduos. Para as argamassas com materiais residuários foram utilizadas as proporções de 5%, 10% e 20% de lodo e cinza e 2%, 5% e 10% de serragem do total do cimento Portland, nos traços de 1:3 (cimento:areia), 1:1:6 (cimento:cal:areia) e 1:2:9 (cimento:cal:areia). Os resultados preliminares mostraram que no traço 1:3 a adição de resíduos diminuiu a resistência mecânica à compressão e flexão das argamassas. Entretanto, nos traços 1:1:6 e 1:2:9 as argamassas contendo as adições apresentaram resultados similares ou até melhores que os das argamassas de referência. Nos traços com cal, as cinzas mostraram grande potencial de aplicação, aumentando a resistência mecânica das argamassas, principalmente nas primeiras idades. Espera-se que com a incorporação desses resíduos obtenha-se uma argamassa com resistência aproximada a de referência podendo ser utilizada na construção civil, contribuindo, assim, para o avanço do conhecimento de pesquisas nesse contexto de utilização de resíduos como matéria prima na cadeia produtiva da construção civil, além de tornar a indústria moveleira mais sustentável.

Palavras-chave: Resíduo da Indústria Moveleira; Cinza; Lodo de ETE; Serragem; Argamassa.

INTRODUÇÃO

Os resíduos cinza, lodo e serragem gerados do processamento de materiais da indústria moveleira muitas vezes são destinados inadequadamente, dispostos em rios e sem tratamento⁽⁵⁾. Apesar de diversos estudos estarem em andamento na busca pela melhor forma de dispor o lodo, minimizando ao máximo os impactos ambientais causados devido às diversas características apresentadas por este resíduo, ainda existe muitas lacunas quanto a maneira mais benéfica de dispor o lodo⁽⁴⁾. Uma das alternativas encontradas para o aproveitamento dos resíduos sólidos é a sua incorporação em materiais destinados à construção civil, como por

exemplo em argamassas, tendo como parâmetro alguns exemplos nacionais e internacionais de experiências bem sucedidas⁽⁸⁾.

Resende⁽¹¹⁾ estudou a inserção de cinzas de cavado de eucalipto (CEE) em substituição parcial do cimento (5, 10 e 15%), e os resultados mostraram que as cinzas possuem atividade pozolânica, levando a resultados próximos aos do traço de referência, além de inibir a reação álcali-agregado. França *et al.*⁽⁶⁾ avaliaram a reologia e a reatividade potencial (RAA) de argamassas utilizando CEE com teores de 10%, 20% e 30% de substituição, em massa, ao cimento Portland e verificaram que o CEE não altera significativamente as propriedades de argamassas no estado fresco e não apresenta reatividade significativa. O trabalho realizado por Graupmann *et al.*⁽⁷⁾ objetivou apresentar traços para produção de argamassa de cimento, cal e cinza, e foi observado que os traços com a cinza obtiveram resultados próximos ao que continham apenas cal. Chagas⁽⁵⁾ avaliou o desempenho e durabilidade de argamassas de revestimento produzidos com lodo de esgoto calcinado em percentuais distintos substituindo parcialmente o cimento Portland, e os resultados mostraram que o lodo não prejudicou o desempenho nem a durabilidade das argamassas estudadas, sendo 10% e 20% os percentuais de incorporação mais viáveis tecnicamente produzidos nas proporções 1:3 e 1:4,5.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo estudar a produção de argamassas com as diferentes proporções de cinza, lodo de ETE e serragem de corte e laminação de painéis aglomerados da indústria de móveis de modo a se obter uma destinação ao resíduo, e consequentemente contribuir para um ambiente mais sustentável.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização dos materiais

Foram utilizados cimento Portland CII E 32, areia de rio proveniente da cidade de Viçosa, MG, e resíduos de lodo de ETE, cinzas e serragem de corte e laminação de uma indústria moveleira da cidade de Ubá, MG.

Os materiais foram caracterizados quanto a finura, conforme NBR 11579⁽²⁾; massa específica, conforme NBR 16605⁽³⁾; e granulometria a laser, conforme NBR NM 18⁽⁹⁾. Os resultados de caracterização física dos materiais estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização física dos materiais.

Material	Índice de finura (%)	Massa específica (g/cm ³)
CP II E - 32	0,54	2,96
Cal	-	2,96
Cinza	60,9	2,25
Lodo	67,0	1,82

Produção das argamassas

O planejamento experimental está resumido na Tabela 2, e consistiu na produção de argamassas tipicamente utilizadas em assentamento de alvenarias e revestimentos de tetos e paredes, nas proporções em massa de 1:3 (ligante : agregado), em três variantes, são elas: 1:3 (cimento Portland : areia); 1:1:6; e 1:2:9 (cimento Portland : cal : areia). Os teores de adição de material residual em relação à massa de cimento Portland foram 5%, 10% e 20% para o lodo e a cinza, e 2%, 5% e 10% para serragem. Foram moldados 6 corpos de prova prismáticos de dimensões 4 × 4 × 16 cm para cada traço, que tiveram suas propriedades mecânicas (resistência à compressão simples e resistência à tração na flexão) aferidas aos 7 e 28 dias de idade, conforme NBR 13279:2005⁽¹⁾.

Tabela 2: Proporções de materiais para argamassas contendo resíduos da indústria moveleira.

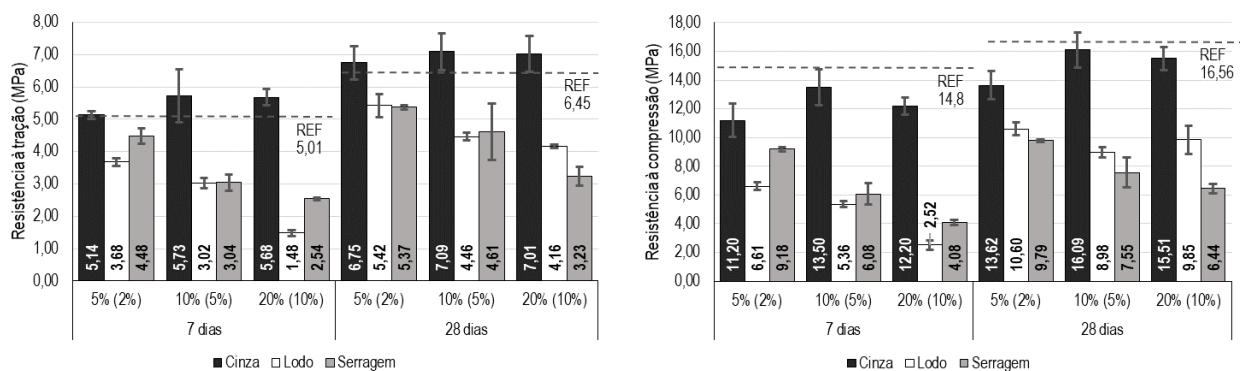
Resíduo	Traço	%	Composição em massa (g)						
			Cimento	Areia	Cal	Água	Cinza	Lodo	Serragem
Referência (REF)	1:3	-	1250	3750	-	687,5	-	-	-
	1:1:6	-	600	3600	600	660	-	-	-
	1:2:9	-	400	3600	800	712	-	-	-
Cinza	1:3	05	800	2400	-	492	40	-	-
		10	800	2400	-	506	80	-	-
		20	800	2400	-	520	160	-	-
	1:1:6	05	400	2400	400	440	20	-	-
		10	500	3000	500	565	50	-	-
		20	360	2160	360	411	72	-	-
	1:2:9	05	306	2754	612	534	15,3	-	-
		10	410	3690	820	712	41	-	-
		20	250	2250	500	429	50	-	-
Lodo	1:3	05	800	2400	-	470	-	40	-
		10	800	2400	-	470	-	80	-
		20	800	2400	-	525	-	160	-
	1:1:6	05	400	2400	400	460	-	20	-
		10	500	3000	500	590	-	50	-
		20	360	2160	360	440	-	72	-
	1:2:9	05	300	2700	600	534	-	15	-
		10	400	3600	800	712	-	40	-
		20	250	2250	500	445	-	50	-
Serragem	1:3	02	816	2448	-	450	-	-	16,3
		05	800	2400	-	500	-	-	40
		10	800	2400	-	580	-	-	80
	1:1:6	02	380	2280	380	408	-	-	7,6
		05	412	2472	412	485	-	-	6
		10	333	2000	333	408	-	-	33
	1:2:9	02	270	2430	540	440	-	-	5,4
		05	300	2700	600	520,5	-	-	15
		10	267	2400	533	475	-	-	26

RESULTADOS E DISCUSSÃO

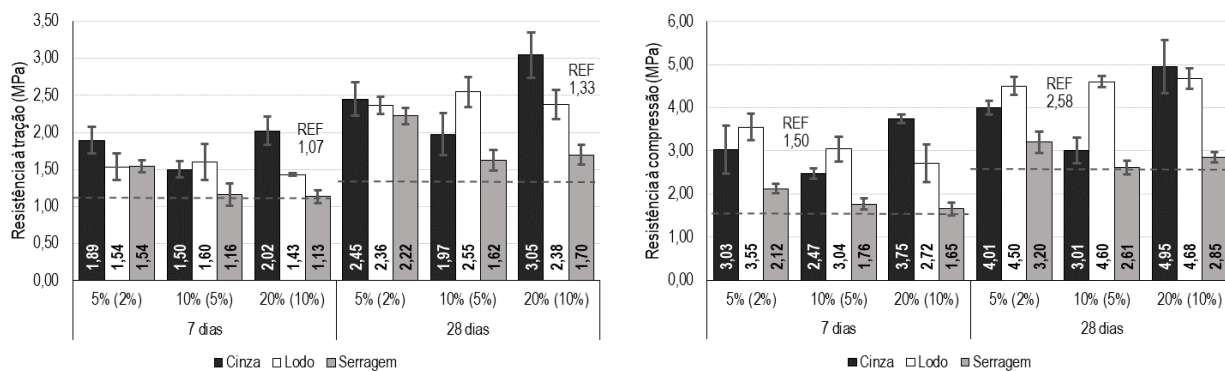
Os resultados de resistência à flexão e compressão das argamassas estão apresentados nas Figuras 1, 2 e 3. Analisando o gráfico da Figura 1, é possível perceber que o traço 1:3 foi o que apresentou maior perda de resistência com a adição do material residual. Ambas as argamassas com lodo e serragem tiveram grande queda na resistência, enquanto as argamassas contendo cinzas tiveram resultados similares ao traço de referência. Em contrapartida, nos traços 1:1:6 e 1:2:9 (Figuras 2 e 3), a incorporação de resíduos levou a resultados similares ou melhores que as argamassas de referência, com destaque para os traços contendo lodo, que em geral, tiveram resultados melhores que as argamassas dos traços de referência.

A ABNT NBR 13281:2005 classifica a argamassa para revestimento e assentamento conforme os resultados de resistência a compressão (σ_c) e resistência à tração na flexão (σ_t). Desta forma, observa-se que, com relação as argamassas produzidas com o traço 1:3, a adição de cinza nos teores de 5, 10 e 20% e a adição de lodo na proporção de 5% resultaram em argamassas classificadas como P6 ($\sigma_c > 8,0$ MPa) e R6 ($\sigma_t > 3,5$ MPa) que estão na mesma classificação

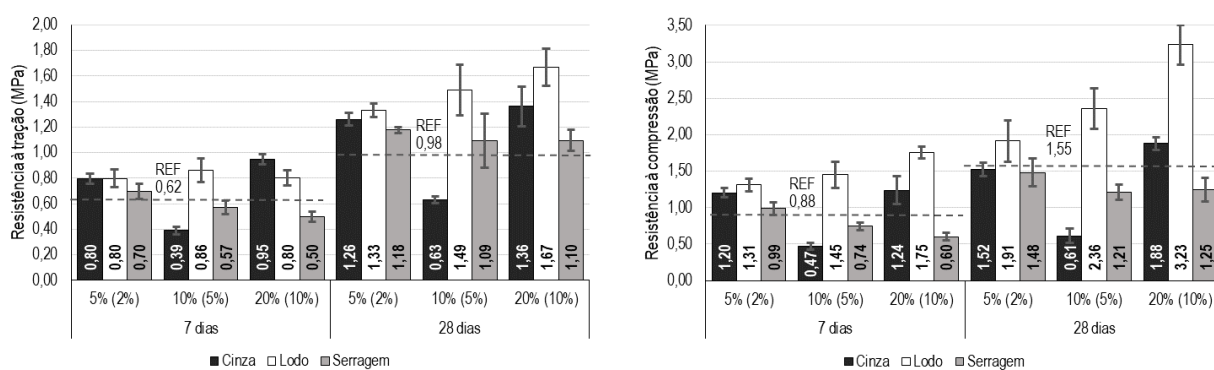
da argamassa de referência. Todas as misturas 1:1:6 com adição de resíduos obtiveram classificações iguais ou superiores às apresentadas pela argamassa de referência. Entretanto, para o traço 1:2:9, as adições de cinza (10%) e de serragem (2, 5 e 10%) resultaram em classificação inferior a argamassa de referência no que tange a resistência a compressão.



(a) (b)
Figura 1: Desempenho mecânico dos traços 1:3 - (a) tração na flexão; (b) compressão.



(a) (b)
Figura 2: Desempenho mecânico dos traços 1:1:6 - (a) tração na flexão; (b) compressão.



(a) (b)
Figura 3: Desempenho mecânico dos traços 1:2:9 - (a) tração na flexão; (b) compressão.

As cinzas de cavaco de eucalipto apresentaram potencial de utilização como material cimentício suplementar, levando os traços que as contém a desempenhos mecânicos similares ou melhores que os traços de referência. Esse comportamento pode ser resultado de uma certa reatividade do resíduo, o que foi observado no estudo de Resende⁽¹¹⁾.

CONCLUSÕES

A viabilidade do uso de resíduos da indústria moveleira como adição em argamassas foi analisado neste trabalho, que se concentrou em questões que estão diretamente relacionadas à mitigação da poluição desses resíduos e seu uso na construção civil, podendo melhorar a resistência e desempenho em argamassas. A partir dos resultados obtidos com ensaios de flexão e compressão, pode-se concluir que:

- A cinza de eucalipto possui características adequadas para utilização como adição mineral em matrizes cimentícias, contribuindo para um melhor desempenho mecânico.
- O lodo e a serragem podem ser incorporados em matrizes cimentícias, porém em menores teores comparados às cinzas.
- A utilização desses materiais como adição em matrizes cimentícias é uma alternativa promissora, pois possibilita a produção de materiais ecoeficientes por contribuir com a destinação adequada de resíduos poluentes se descartados no meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado em parte pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). Os autores agradecem também à CAPES e CNPq pelo suporte financeiro. Nossos agradecimentos à Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) pela infraestrutura, equipamentos e suporte técnico, por meio do Laboratório de Materiais de Construção (LMC - UFV), Laboratório de Materiais Compósitos (LCO – UFV), Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMC² – UFOP), e dos grupos de pesquisa em resíduos sólidos (RECICLOS/CNPq - UFOP) e em construção sustentável e inovadora (SICon/CNPq - UFV).

REFERÊNCIAS

1. ABNT – 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, 2005.
2. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11579. **Cimento Portland – Determinação de finura por meio da peneira 75 Mm (nº 200)**. 2ª edição, 4 páginas. Rio de Janeiro-RJ 2017.
3. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16605. **Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica**. 1ª edição, 4 páginas. Rio de Janeiro-RJ 2012.
4. ANDRADE, C. F.; SILVA, C. M.; OLIVEIRA, F. C. **Gestão ambiental de saneamento: uma revisão das alternativas para tratamento e disposição do lodo de ETA e seus impactos na qualidade das águas**. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Anais. Belo Horizonte: IBEAS, p. 1-11, 2014.
5. CHAGAS, L. S. V. B. **Estudo da incorporação de lodo de esgoto calcinado em argamassas como substituto parcial do cimento Portland**. Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Recife, PE – 2019.
6. FRANÇA, D. F. S. *et al.* **Avaliação da reologia, da RAA e das propriedades de argamassas no estado fresco utilizando cinza de eucalipto como substituição parcial ao cimento Portland**. Ambiente Construído, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 153–166, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000300098>.

7. GRAUPMANN, O.; GRAUPMANN, S.; MYMRINE, V.; BROSKOWSKY, L. M. **Uso de cinza do lodo de estação de tratamento de efluentes da indústria de papel na produção de argamassa.** TECSIC - 2º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos 28 e 29 de agosto de 2019
8. KATAYAMA, V. T. **Quantificação da produção de lodo de estação de tratamento de ciclo completo: Uma análise crítica.** 144 p., São Paulo. USP, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-19072013-161144/pt-br.php>>. Acesso em: 01/08/2022.
9. NM – ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. NM 18. **Cimento Portland – Análise química – Determinação de perda ao fogo.** 2ª edição, 4 páginas. 2012.
10. RAMIREZ, K. G. **Viabilidade do aproveitamento de resíduo de estação de tratamento de água (ETA) na confecção de concretos.** 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
11. RESENDE D. S. **Estudo do efeito da incorporação das cinzas de cavaco de eucalipto como material cimentício suplementar.** UFOP – CETEC – UEMG. 165 f. 2013. Universidade Federal de Ouro Preto, [s. l.], 2013.

INCORPORATION OF RESIDUES FROM THE FURNITURE INDUSTRY IN MORTAR PRODUCTION

ABSTRACT

It has been evidenced a high generation of residues from the furniture production process in the furniture pole of Ubá, MG, which can represent a great potential for utilization of these residues. Analyzing them as raw material, there is a possibility of technological development of new products applicable in civil construction, being the residues: ash from the incineration process of eucalyptus chips used in the heaters; sludge from the sewage treatment plant; and sawing of MDF and MDP panels from cutting and laminating. Therefore, this research investigates perspectives of these new products being objects of economic value that have not yet been sufficiently explored in the civil construction market in the application as inputs for mortars. The materials were characterized in fineness, specific mass and laser granulometry tests. Compression and bending tests were carried out on the reference mortars and mortars with the addition of residues. For the mortars with waste materials, the proportions of 5%, 10% and 20% of sludge and ash and 2%, 5% and 10% of sawdust of the total mass of Portland cement were used in the proportions in mass of 1:3 (cement: sand), 1:1:6 (cement:lime:sand) and 1:2:9 (cement:lime:sand). Preliminary results showed that in the 1:3 mix, the addition of residues reduced the compressive and tensile strengths of the mortars. However, in the 1:1:6 and 1:2:9 mixes, the mortars with additions showed similar or even better results than the reference mortars. In the mixes containing lime, the ash showed great potential for utilization, increasing the mechanical strength of the mortars, especially in the early ages. It is expected that by incorporating these residues, a mortar with similar performance compared to reference will be obtained, which can be used in civil construction, thus contributing to the advance of research knowledge in this context of using residues as raw material in the construction production chain, in addition to making the furniture industry more sustainable.

Keywords: Waste from the Furniture Industry; Ash; Sewage Sludge; Sawdust; Mortar.