XV SBTA Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas
Porto Alegre/RS - 11 a 13 de junho de 2025

ESTUDO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR CINZA DE MADEIRA EM ARGAMASSA MISTA

Study of wood ash as a partial replacement of cement in mixed mortar

BRENDA RUPEL[1], ELOISE APARECIDA ANGARO[2], GESSICA BICALTI[3], ELIAS PEREIRA[4], ANDRESSA GOBBI[5]

[1]Engenheira Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa, brendarupell@gmail.com
[2] Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa, ealangaro@uepg.br
[3] Departamento de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, gessicak@utfpr.edu.br
[4] Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa, elpereira@uepg.br
[5] Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, andressagobbi@ufpr.br

RESUMO

As propriedades das argamassas são influenciadas pelos componentes empregados e suas proporções. Este trabalho avaliou a substituição parcial do cimento Portland por cinzas de madeira, em volume, em teores de 10%, 15% e 20%, em argamassas mistas. Foram realizados ensaios no estado fresco, índice de consistência, *squeeze-flow*, densidade de massa e teor de ar incorporado; e no estado endurecido, resistência à compressão, tração na flexão e absorção de água por imersão. A substituição em teores de 20% proporcionou aumento na plasticidade das argamassas sem reduzir a consistência. Todavia, a cinza de madeira reduziu a resistência mecânica para todos os teores.

Palavras-chave: Cinza de madeira, propriedades no estado fresco, *squeeze-flow*, propriedades no estado endurecido.

ABSTRACT

The properties of mortars are influenced by the components used and their proportions. This study evaluated the partial replacement of cement Portland with wood ash, by volume, at levels of 10%, 15%, and 20% in mixed mortars. Tests were conducted on fresh properties, such as consistency index, squeeze-flow, mass density, and incorporated air content; and on hardened properties, such as compressive strength, flexural tensile strength, and water absorption by immersion. The 20% replacement level increased the plasticity of the mortars without reducing the consistency. However, the wood ash reduced the mechanical strength for all replacements.

Key-words: Wood ash; fresh properties; squeeze-flow; hardened properties.

Como citar:
RUPEL, B.; LANGARO, E. A.; BICALTI, G.; PEREIRA, E.; GOBBI, A. Estudo da substituição parcial do cimento por cinza de madeira em argamassa mista. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025.

INTRODUÇÃO

A argamassa é um material de construção que pode ter diversas utilizações, como no assentamento de tijolos e blocos, revestimento e regularização de superfícies, impermeabilização e reforços adicionais e estruturais [1][2][3].

Dependendo das proporções dos materiais utilizados e da sua aplicação, a argamassa pode receber diferentes nomes, como por exemplo, argamassa de assentamento. A argamassa de assentamento é utilizada para a elevação da alvenaria, ou seja, para a construção de paredes e muros constituídos de blocos ou tijolos [1]. Uma argamassa de assentamento tem como função básica unir os blocos, distribuir as cargas uniformemente nas paredes e absorver as deformações de origem térmica e de retração por secagem [1][16]. Portanto, ela deve apresentar características como trabalhabilidade apropriada, capacidade de retenção de água, estabilidade, aderência adequada e módulo de elasticidade ideal para absorver tensões internas geradas pela alvenaria, além de apresentar boa durabilidade [2][3].

As propriedades da argamassa, tanto no estado fresco quanto no endurecido, são determinadas pelos materiais utilizados na mistura e suas proporções. A argamassa pode ser composta de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo, água e pode conter aditivos e adições minerais [1].

Dentre as diversas adições minerais que podem ser utilizadas nas argamassas, a cinza de madeira (CM) tem sido estudada [4][5][18][19]. Todavia, Nascimento *et al.* [19] mostram que ainda há poucos estudos que se concentram em avaliar o impacto do uso da cinza de madeira em argamassas de revestimento.

A cinza de madeira pode substituir o cimento [4][5] ou ainda ser utilizada em conjunto com o agregado miúdo [18], atuando como pozolana ou como filer, dependendo de suas características. Todavia, é preciso avaliar a influência nas propriedades da argamassa devido ao uso deste resíduo industrial.

As cinzas de madeira são subprodutos gerados em diversos processos industriais e agroindustriais, principalmente as que envolvem processamento e armazenagem de grãos e outras *commodities* para fabricantes de produtos alimentícios, visto que é um material gerado normalmente no processo de controle do teor de água utilizado para a secagem dos grãos [5][6][7][8].

Brandão, Coelho e Guimarães [4] analisaram o uso da cinza de madeira como substituição parcial do cimento Portland em argamassas. Os resultados mostraram que em traços mais ricos, ou seja, com maior quantidade de cimento, foram observadas melhorias na resistência à compressão e na absorção por imersão e capilaridade, mesmo em substituições de até 15%. No entanto, os autores verificaram que a cinza estudada não apresentou pozolanicidade, atuando na argamassa apenas de maneira física, contribuindo para o empacotamento das partículas [4].

Gluitz e Marafão [5] obtiveram resultados diferentes com o uso da cinza de madeira em argamassas. Os autores utilizaram a cinza de madeira em substituições parciais do cimento em porcentagens de 5%, 10%, 15% e 20%. Os resultados mostraram que houve uma redução na resistência à compressão das argamassas em todas as séries contendo

a cinza. À medida que a proporção de cinza aumentou na mistura, a matriz cimentícia foi alterada, podendo levar a uma menor coesão entre as partículas e a uma microestrutura menos densa e homogênea, afetando suas capacidades mecânicas [5]. A queda na resistência mecânica das argamassas com o uso da cinza, em diferentes proporções, também foi observada por Gashour, Shaban e Elbaz [20].

Quando utilizada como substituição parcial do agregado miúdo, o estudo de Centenaro, Silva e Paulino [18], mostrou que a cinza de madeira pode reduzir a trabalhabilidade da argamassa no estado fresco e aumentar o teor de ar incorporado. Já no estado endurecido, a CM pode aumentar a absorção de água e índice de vazios da argamassa. Todavia, os resultados mostraram um aumento gradativo na resistência à compressão das argamassas aos 28 dias. Valores superiores a argamassa de referência foram obtidos para a substituição de 20%.

Dessa forma, compreende-se que é importante equilibrar a sustentabilidade e o desempenho dos materiais para assegurar um comportamento adequado. O resíduo proveniente das cinzas de madeira pode ser uma opção sustentável para uso na construção civil [17]. No entanto, é crucial otimizar as proporções para preservar as propriedades essenciais das argamassas de revestimento e assentamento, como a trabalhabilidade, retenção de água e resistência às deformações, evitando que o material se torne inadequado para o uso pretendido. Além disso, cabe destacar que existe uma enorme variação na composição destas cinzas de madeira, visto que a composição das mesmas depende das características de origem e geração, como o tipo de madeira utilizado, processo de queima e temperatura [21].

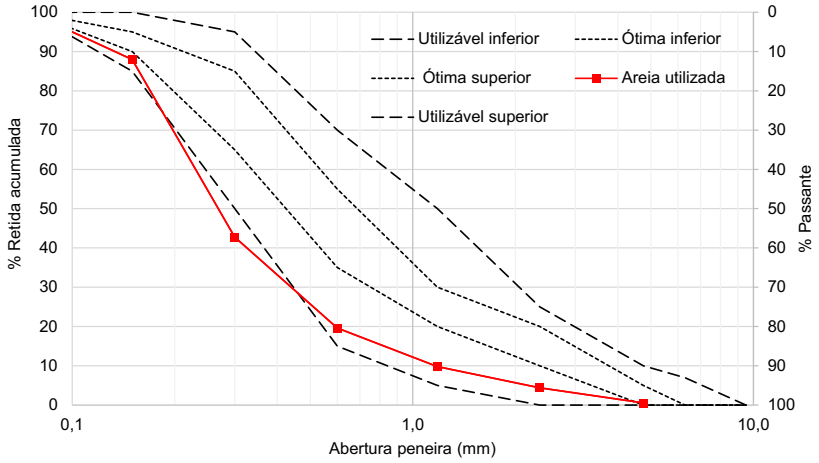
Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento de uma argamassa mista, de cimento e cal, no estado fresco e endurecido a partir da substituição parcial do cimento por cinza de madeira (CM) de eucalipto, nas proporções de 10%, 15% e 20% em volume.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

Para o desenvolvimento da argamassa foi utilizado o cimento Portland do tipo CP II F-32, cal hidratada do tipo CH III, agregado miúdo (areia normal) e cinza de madeira. Os dados de caracterização dos materiais podem ser observados na Tabela 1. A Figura 1 mostra análise granulométrica do agregado miúdo utilizado. Observa-se que o agregado miúdo está abaixo da zona utilizável inferior, com módulo de finura 1,65.

Figura 1 – Curva granulométrica do agregado miúdo.



Fonte: Os autores (2025).

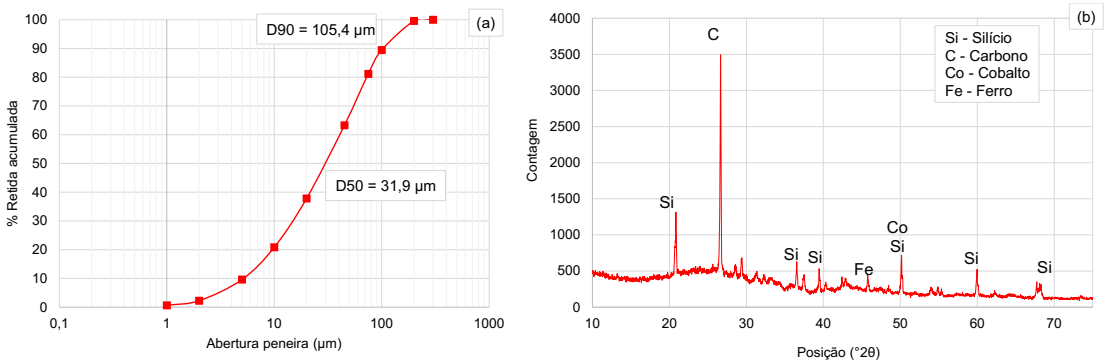
Tabela 1 – Caracterização dos materiais.

Material	Massa específica (g/cm³)	Massa unitária (g/cm³)
Cimento Portland CP II F-32	3,12	1,03
Cal hidratada CH III	2,57	0,61
Agregado miúdo	2,61	1,54
Cinza de madeira	2,24	0,49

Fonte: Os autores (2025).

A CM utilizada como substituição parcial do cimento Portland foi obtida através da queima de madeira em caldeira para o beneficiamento de grãos. A cinza é proveniente da região de Ponta Grossa, Paraná. Para a mistura na argamassa a cinza foi moída utilizando um moinho de alta energia com bolas de alumina CT-242. Após a moagem, foram realizados os ensaios de granulometria a laser, fluorescência de raios X (FRX) e difração de raios X (DRX). A Figura 2 mostra o resultado da análise granulométrica (a) e o difratograma da amostra (b). A Tabela 2 apresenta o resultado da análise química da cinza.

Figura 2 – (a) Curva granulométrica e (b) DRX da cinza de madeira.



Fonte: Os autores (2025).

Tabela 2 – Resultado do FRX da cinza.

Componente	%
Óxido de cálcio	36,4
Dióxido de silício	19,3
Óxido de potássio	17,7
Óxido de ferro (III)	10,3
Óxido de alumínio	8,3
Óxido de magnésio	3,1
Dióxido de titânio	2,2
Óxido de manganês	1,8
Óxido sulfúrico	1,0

Fonte: Os autores (2025).

É possível observar que a cinza é composta principalmente por silício, cálcio e potássio. O difratograma indica um material majoritariamente cristalino, com fases da sílica, e com pequeno halo amorfo. A granulometria a laser indica que o material moído possui grande parte das partículas entre 10 e 100 µm, sendo seu D50 igual a 31,9 µm e seu D90 igual a 105,4 µm.

MÉTODOS

Para o desenvolvimento do programa experimental, o traço adotado em volume foi de 1:2:9 (cimento: cal: agregado miúdo), que é comumente utilizado para argamassas de assentamento em obras. Os teores de substituição do cimento por cinza foram de 10%, 15% e 20%, em relação ao volume.

A relação água/materiais secos (a/ms) foi definida a partir do ensaio de consistência normal, procedimento prescrito pela norma NBR 13276 [9]. A adição de água foi ajustada até que a argamassa de referência atingisse um índice de consistência de 260 ± 5 mm. O índice de consistência (264 mm) foi atingido com uma relação a/ms de 0,18 (em massa) para a argamassa de referência, sendo essa a relação adotada para a produção de todas as argamassas. A relação a/ms não foi alterada, mantendo-se constante para todos os traços. O processo de mistura das argamassas foi realizado conforme a NBR 16541 [10].

Após a mistura das argamassas, no estado fresco, as séries foram avaliadas quanto ao índice de consistência, conforme a NBR 13276 [9]; quanto ao seu comportamento reológico utilizando o método *squeeze-flow* com três diferentes tempos (15, 30 e 45 minutos), conforme NBR 15839 [11], utilizando duas bases, a metálica prescrita pela norma e uma base cerâmica, com a finalidade de simular uma aplicação real em um bloco de alvenaria; quanto a densidade de massa e teor de ar incorporado, de acordo com a NBR 13278 [12]. Já no estado endurecido, as argamassas foram avaliadas aos 28 dias quanto à resistência à compressão e tração na flexão, de acordo com a NBR 13279 [13], em corpos de prova prismáticos de 40x40x160 mm; e quanto a absorção de água por imersão, conforme a NBR 9778 [14], em corpos de prova cilíndricos de 50x10 mm. Todos os corpos de prova permaneceram imersos em água saturada com cal até a idade de avaliação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ESTADO FRESCO

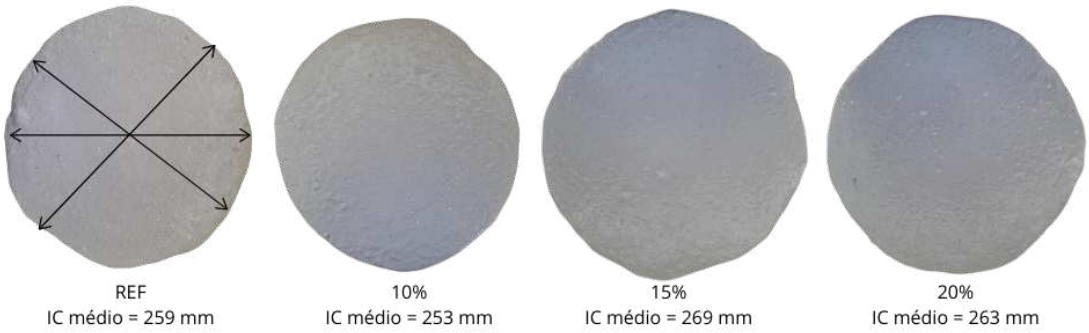
O ensaio de consistência foi realizado após a definição inicial da relação a/ms com a amostra de referência. Todas as séries de argamassa foram obtidas com a mesma relação a/ms definida. Os resultados do ensaio de consistência podem ser observados na Tabela 3. A Figura 3 mostra o espalhamento das argamassas na mesa de consistência.

Tabela 3 – Resultados do índice de consistência das argamassas.

Séries	1ª medida (mm)	2ª medida (mm)	3ª medida (mm)	IC médio (mm)	Desvio padrão	Coef. de variação (%)
REF	269	253	255	259	8,72	3,37
10%	257	252	249	253	4,04	1,60
15%	268	273	265	269	4,04	1,50
20%	265	259	266	263	3,79	1,44

Fonte: Os autores (2025).

Figura 3 – Espalhamento das argamassas na mesa de consistência.



Fonte: Os autores (2025).

Foi possível observar no ensaio de consistência que houve diferença de cor nas argamassas devido ao uso da CM. A argamassa com 20% de cinza de madeira apresentou uma tonalidade mais escura em comparação com a referência, sendo que a intensidade da cor foi variando conforme a quantidade de cinza adicionada.

Pode-se observar pelos resultados obtidos na Tabela 3, que a utilização da cinza, em maiores proporções (20%), não reduziu o índice de consistência da argamassa. Com a adição de 10% de CM houve uma redução no IC, todavia com 15% e 20% de adição o IC médio foi superior a argamassa de referência. Ambas as substituições ultrapassaram o limite de consistência definido em 260 ± 5 mm.

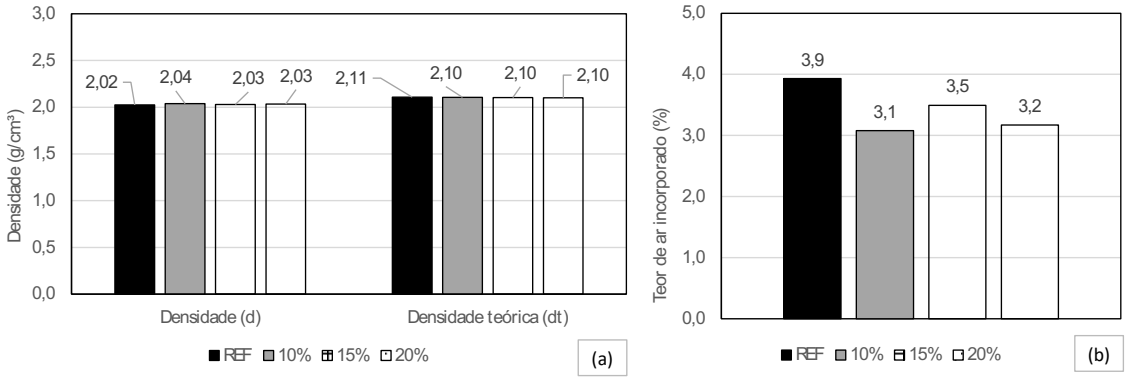
O comportamento da argamassa foi diferente dos observados em outros estudos como o de Brandão; Coelho; Guimarães [4]. No estudo, os autores observaram redução no IC conforme o aumento da adição de cinza de madeira. Essa diferença se deve à composição de cada cinza utilizada e da formulação e componentes da argamassa. Aspectos como a finura do material, o uso da cal e a forma de substituição, que neste

caso foi em volume, também afetam o resultado obtido. O fato de se ter mantido a mesma proporção de a/ms também alterou o desempenho final deste ensaio.

Observa-se, portanto, que as séries com 15% e 20% de CM tornaram a argamassa mais fluída e trabalhável que a de referência.

Os resultados de densidade de massa e teor de ar incorporado das argamassas produzidas são apresentados na Figura 4.

Figura 4 – (a) Densidade real e teórica das argamassas e (b) teor de ar incorporado.



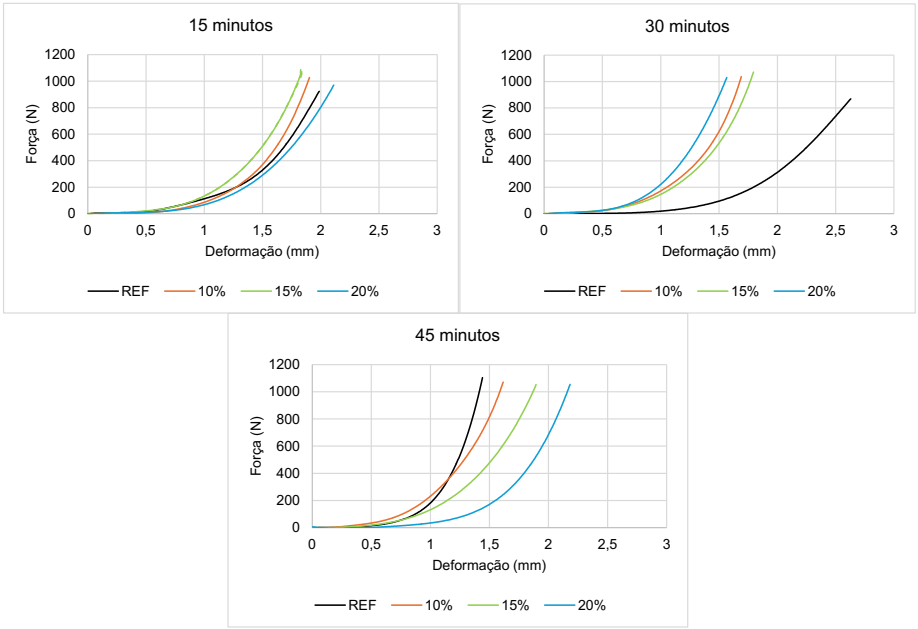
Fonte: Os autores (2025).

Analisando os resultados obtidos, se pode observar que a densidade aumentou para todas as séries com substituição de CM, comparando com a densidade teórica obtida. Analisando ainda os resultados de densidade com teor de ar incorporado, nota-se que a argamassa contendo 10% de CM obteve menor teor de ar incorporado e maior valor na densidade no estado fresco. Em todas as séries com adição de CM o teor de ar incorporado obtido foi inferior a referência, reduzindo, em média, 15%, demonstrando que de fato a cinza atuou preenchendo os poros da matriz. Esse preenchimento dos poros da matriz pode ter ocorrido pelo simples empacotamento das partículas e preenchimento de poros, uma vez que CM se apresenta como um material fino, ou ainda devido a reação pozolânica que pode ter ocorrido ao longo do tempo. Cabe destacar neste aspecto que não foram realizados ensaios para verificar a capacidade pozolânica desta CM.

As Figuras 5 e 6 apresentam os resultados da caracterização reológica da argamassa a partir do método de *squeeze-flow*. O ensaio foi realizado em 3 diferentes tempos, 15, 30 e 45 minutos, e em duas bases diferentes, metálica e cerâmica.

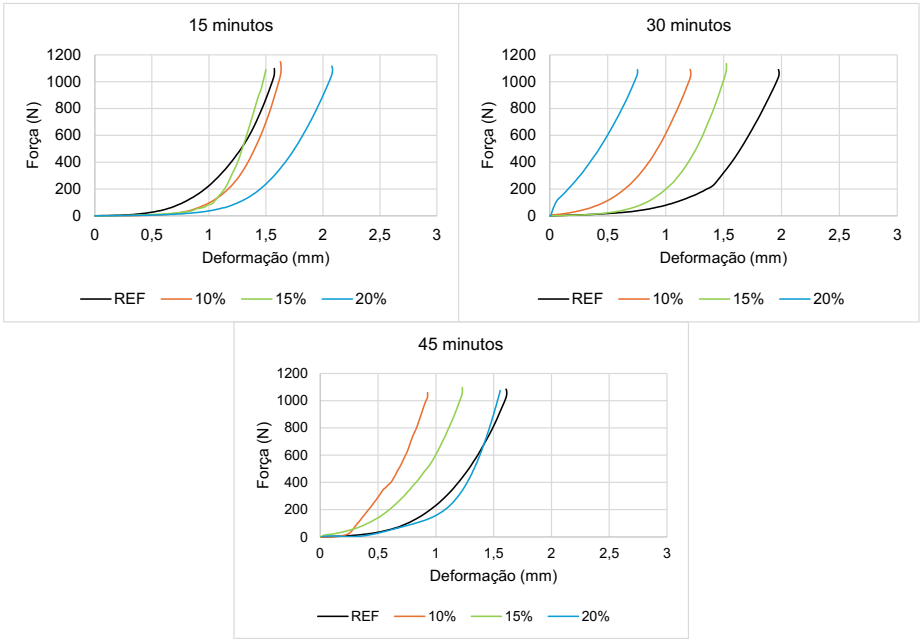
A base metálica é utilizada para caracterizar a argamassa, de forma que a base não influencie nos resultados com relação a absorção de água por ela. A partir das curvas de deformação x força obtidos para todas as séries, é possível observar que as argamassas com adição de cinza de madeira reduziram sua plasticidade apenas aos 30 minutos. Nos demais tempos a incorporação da adição proporcionou deslocamentos superiores ou muito próximos da série de referência.

Figura 5 – Força x deformação em base metálica.



Fonte: Os autores (2025).

Figura 6 – Força x deformação em base cerâmica.



Fonte: Os autores (2025).

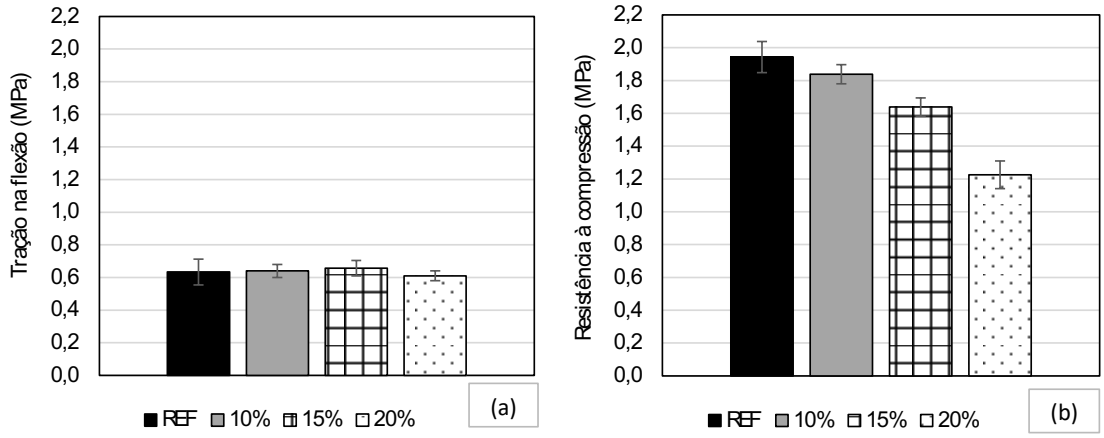
A argamassa contendo 20% de CM apresentou uma melhor plasticidade aos 45 minutos, mostrando melhor desempenho que a argamassa de referência, corroborando com os resultados do ensaio de índice de consistência. Quanto maior o teor de finos na mistura, maior a retenção de água nas primeiras horas de cura, o que controla a retração da argamassa. Além disso, a presença de grãos porosos nas cinzas de madeira também pode contribuir neste aspecto, conforme observado por Nascimento et al. [19].

Ao analisar os resultados obtidos para o ensaio na base cerâmica, verificou-se as argamassas acabaram perdendo quantidade de água significativa devido a sucção do bloco, o que era esperado uma vez que esse é o resultado mais parecido com a prática em canteiro de obras. Resultados semelhantes foram observados em outros estudos [19][22]. A argamassa com adição de 20% de cinza de madeira apresentou um comportamento similar com a de referência aos 45 minutos. Cabe destacar que ainda são incipientes os estudos que avaliam a reologia das argamassas com adição de CM.

ESTADO ENDURECIDO

Na Figura 7 podem ser observados os resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração na flexão (a) e resistência à compressão (b) das séries de argamassa aos 28 dias. As Tabelas 4 e 5.

Figura 7 – (a) Resultados de tração na flexão e (b) compressão dos corpos de prova aos 28 dias.



Fonte: Os autores (2025).

Tabela 4 – Resultados de resistência à tração na flexão.

Séries	Média (Mpa)	Desvio padrão	Coef. de variação (%)
REF	0,63	0,14	21,55
10%	0,64	0,07	10,94
15%	0,66	0,08	12,40
20%	0,61	0,04	6,96

Fonte: Os autores (2025).

Tabela 5 – Resultados de resistência à compressão.

Séries	Média (Mpa)	Desvio padrão	Coef. de variação (%)
REF	1,94	0,23	11,96
10%	1,84	0,14	7,77
15%	1,64	0,14	8,29
20%	1,23	0,21	16,90

Fonte: Os autores (2025).

Pode-se observar pelos resultados obtidos no ensaio de resistência a tração na flexão, que a maior perda no valor de resistência foi na série com 20% de cinza. Todavia,

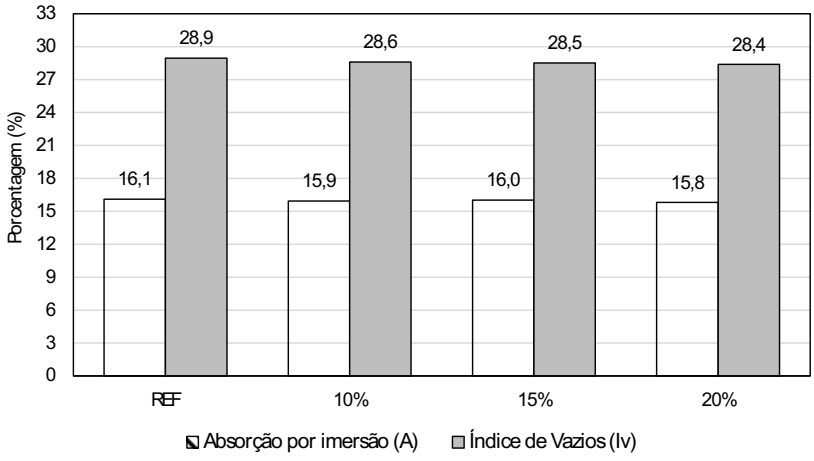
considerando a barra de erro e o desvio padrão das amostras, é possível inferir que não houve queda considerável dos valores com a adição da CM. Importante ressaltar que A NBR 13281-2 [15] não define limites para a resistência a tração de argamassas. Todavia, esta é uma propriedade importante visto que a argamassa de assentamento pode sofrer com as deformações devido ao assentamento e movimentação da alvenaria de vedação.

Da mesma forma que para a resistência à tração na flexão, a resistência à compressão também apresentou queda nos valores, conforme a substituição do cimento por CM. Para o traço com 20% de CM, a redução foi de 36%. Resultados semelhantes foram obtidos em outros estudos [5][20]. Quanto maior a porcentagem de cinza de madeira na mistura, menor são os valores de resistência mecânica obtidos. E isso ocorre por diversos fatores, desde a composição da cinza de madeira, capacidade pozolânica, forma dos grãos da CM, tamanho das partículas, quantidade de água adicionada e porcentagem de CM [20].

Importante destacar que a substituição de cimento por cinza de madeira acarreta menor quantidade de compostos hidratados do cimento, o que pode contribuir com os menores valores obtidos no ensaio mecânico. Além disso, a cinza não foi avaliada quanto a sua pozolanicidade neste trabalho, todavia, devido a sua estrutura majoritariamente cristalina, pode-se supor que a cinza não possui elevada atividade pozolânica, atuando mais no preenchimento e empacotamento das partículas na argamassa.

A Figura 8 mostra os resultados obtidos no ensaio de absorção de água por imersão e índice de vazios aos 28 dias.

Figura 8 – Resultados de absorção de água por imersão e índice de vazios aos 28 dias.



Fonte: Os autores (2025).

De acordo com os resultados obtidos no ensaio de absorção, é possível observar que houve pouca variação entre as séries com CM. Esses resultados são diferentes dos obtidos por Brandão, Coelho e Guimarães [4], que mesmo com os traços mais pobres apresentaram redução da absorção de água dos corpos de prova.

Importante destacar também que a adição da cal ajuda a incorporar ar na argamassa, visível no índice de vazio que chega próximo a 30%. Esse fator é benéfico para a

argamassa em estado fresco, todavia em estado endurecido a torna mais permeável e com um maior índice de vazios [2], o que pode acarretar também na redução da resistência mecânica no estado endurecido.

CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo substituir o cimento pela cinza de madeira, em diferentes porcentagens (10%, 15% e 20%), com a finalidade de reduzir o custo de argamassas de assentamento e melhorar suas propriedades. As argamassas foram caracterizadas em estado fresco e endurecido, e a partir dos resultados obtidos, se pode concluir que:

Quanto ao índice de consistência das argamassas, foi possível observar que a substituição de 10% reduziu o espalhamento e trabalhabilidade da argamassa, porém a substituição de 15% e 20% obtiveram um maior espalhamento, mostrando que a quantidade de água na mistura se mostrou mais eficiente. Com maiores substituições de CM, a argamassa se mostrou mais plástica;

A densidade aumentou em todas as substituições, todavia os valores foram bem próximos a argamassa de referência. O menor teor de ar incorporado obtido para as argamassas com CM indica que a cinza de madeira preencheu os poros da argamassa no estado fresco, ou seja, atuando no empacotamento das partículas devido a sua finura;

Com relação ao comportamento reológico, o qual foi determinado através do ensaio de *squeeze-flow*, as argamassas contendo CM apresentaram maior deslocamento que argamassa de referência aos 45 minutos. Esse resultado caracteriza maior plasticidade, corroborando com os resultados do ensaio de índice de consistência. Com esse resultado se pode concluir que substituição parcial de cimento pela cinza de madeira, em traços de argamassa mista e em proporções adequadas, pode melhorar a trabalhabilidade de argamassas de assentamento no estado fresco;

No estado endurecido a CM reduziu os resultados de resistência à tração na flexão e resistência à compressão. Sendo que a maior perda nos valores de resistência mecânica foi na argamassa com 20% de substituição.

Já para os resultados de absorção de água por imersão e índice de vazios, os valores obtidos para as séries com substituição foram similares a referência.

De forma geral, a substituição parcial do cimento pela CM pode melhorar as propriedades da argamassa mista, principalmente no estado fresco. Esses resultados mostram que a CM tiveram impacto nas argamassas de assentamento, indicando um potencial promissor para aplicação em materiais de construção civil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Estadual de Ponta Grossa, ao Laboratório de Materiais de Construção e ao Laboratório Multiusuários da UEPG, por todo apoio dado a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

[1] LISBOA, Ederval S.; ALVES, Edir S.; MELO, Gustavo H. A G. **Materiais de construção: concreto e argamassa.** 2. ed. Porto Alegre: SAGAH, 2017. E-book. p.94. ISBN 9788595020139. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595020139/.

[2] RECENA, F. A. P. **Conhecendo argamassa**. 2. ed. Porto Alegre: ediPUCRS, 2015. E-book. Disponível em:< https://plataforma.bvirtual.com.br>.

[3] BERTOLINI, Luca. **Materiais de construção: patologia, reabilitação e prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>.

[4] BRANDÃO, F. L. S.; COELHO, V. A.; GUIMARÃES, C. C. Utilização de cinzas de caldeiras industriais como substituição parcial do cimento Portland em argamassas. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia,** v. 39, n. 1, p. 18-26. 2022.

[5] GLUITZ, A. C.; MARAFÃO, D. **Utilização da cinza da madeira de eucalipto na substituição parcial do cimento Portland em argamassa.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

[6] LIMA, R. A. P. **Concretos auto-adensáveis com incorporação de cinza de madeira da algaroba como fíler alternativo.** 2019. 80 f. Dissertação (Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2019.

[7] BARBOSA, J. P. N. B.; SOUZA, D. R., MARCHESAN, R.; SOUZA, P. B. Estudo da caracterização mineralógica das cinzas do eucalipto para viabilidade na substituição parcial do cimento Portland em argamassas. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 3, p. 01-12. 2022/23.

[8] AFONSO JÚNIOR, P. C.; OLIVEIRA FILHO, D.; COSTA, D. R. Viabilidade econômica de produção de lenha de eucalipto para secagem de produtos agrícolas. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 28-35, 2006.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR **13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR **16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR **15839**: Argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos – Caracterização reológica pelo método squeeze-flow. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 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: ABNT, 2005.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 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.

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR **9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR **13281-2:** Argamassas inorgânicas — Requisitos e métodos de ensaios Parte 2: Argamassas para assentamento e argamassas para fixação de alvenaria. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

[16] LAVISTA, M. M.; LETECHIPÍA, P. R.; PEREZ, J. A.; ALCORTA, R. G.; GOMES, J. H. C.; MIGUEL, F. S. Shear strength dataset of hollow concrete block masonry with different mortar bedding. Data in Brief, 2024.

[17] NASCIMENTO, L. C.; BAPTISTA, G.; XAVIER, G. C.; AZEVEDO, A. R. G.; MONTEIRO, S. N.; ALLEDI, C. T. D. B. Performance of wood bottom ash as replacement for Portland cement in coating mortars. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 34, 2025.

[18] CENTENARO, S. C.; SILVA, J. A. G.; PAULINO, R. Uso de Cinzas de Biomassa Geradas na Agroindústria do Malte para Produção de Argamassas. **Revista Internacional de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 158-176, 2021.

[19] NASCIMENTO, L. C.; BAPTISTA JUNIOR, G.; XAVIER, G. C.; AZEVEDO, A. R. G.; MONTEIRO, S. N.; ALLEDI, C. T. D. B. Performance of wood bottom ash as a replacement for Portland cement in coating mortars. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 34, p. 2314-2328, 2025.

[20] TAMANNA, K.; RAMAN, S. N.; JAMIL, M.; HAMID, R. Utilization of wood waste ash in construction technology: A review. **Construction and Building Materials**, v. 237, 2020.

[21] ASHOUR, A.G., SHABAN, W.M., ELBAZ, K. Physical and Mechanical Properties of Lime and Wood Ash Plastering Mortars. In: ZHU, HH., GARG, A., ZHUSSUPBEKOV, A., SU, LJ. (eds) ADVANCES IN GEOENGINEERING ALONG THE BELT AND ROAD. BRWSG 2021. Lecture Notes in Civil Engineering, v. 230, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-9963-4_15

[22] COSTA, E. B. C.; FRANÇA, M. S.; BERGOSSI, F. L. N.; BORGES, R. K. Squeeze flow of mortars on brick substrate and its relation with bond strength. **Construction and Building Materials**, v. 265, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120298.