ARGAMASSA DE TERRA COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE PAPELÃO: ESTUDO EXPERIMENTAL PARA REVESTIMENTOS NA COMUNIDADE DE MANGUINHOS

EARTH MORTAR WITH ADDED CARDBOARD FIBERS: EXPERIMENTAL STUDY FOR CLADDING IN THE MANGUINHOS COMMUNITY

Letícia Cristina Araujo Costa [1]; Beatriz Temtemples de Carvalho [2]

[1]Arquiteta e Urbanista| leticia.cristina@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [2]Doutora em Arquitetura | beatris.carvalho@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil;

Resumo:
A construção civil, embora essencial ao desenvolvimento humano, é um dos setores que mais impactam negativamente o meio ambiente. Em paralelo, persistem desigualdades habitacionais, especialmente em comunidades como Manguinhos (RJ), marcadas por precariedade urbana e descarte irregular de resíduos. Este estudo propõe o aproveitamento do papelão reciclado, abundante no local, como aditivo estabilizante em argamassas de terra crua para revestimentos internos e externos. As fibras do papelão foram incorporadas à mistura em duas formas: polpa (papelão saturado) e lã (papelão seco), combinadas à terra e à cal, com foco na redução da retração. A pesquisa adota métodos empíricos e normativos para caracterizar os materiais e avaliar o desempenho técnico das argamassas aplicadas sobre tijolos cerâmicos, com foco na viabilidade técnica e ambiental. A pesquisa adota métodos empíricos e normativos para caracterizar os materiais e avaliar o desempenho técnico das argamassas aplicadas sobre tijolos cerâmicos, com foco na viabilidade técnica e ambiental. Os resultados preliminares indicam que a incorporação do papelão pode melhorar as propriedades físicas da argamassa e ampliar o uso de tecnologias acessíveis na construção habitacional em territórios vulneráveis, contribuindo para a valorização de recursos locais e soluções sustentáveis.

Palavras-chave:
Construção com terra; Argamassas de terra; Fibras de papelão; Desempenho físico-mecânico; Economia Circular.

Abstract:
Civil construction, although essential to human development, is one of the sectors that most negatively impacts the environment. At the same time, housing inequalities persist, especially in communities such as Manguinhos (RJ), marked by urban precariousness and irregular waste disposal. This study proposes the use of recycled cardboard, widely available in the region, as a stabilizing additive in raw earth mortars for internal and external coatings. Cardboard fibers were incorporated into the mixture in two forms: pulp (saturated cardboard) and wool (dry cardboard), combined with earth and lime, with a focus on reducing shrinkage. The research adopts empirical and normative methods to characterize the materials and evaluate the technical performance of the mortars applied to ceramic bricks, with a focus on technical and environmental feasibility. The proposal seeks to transform urban waste into low-cost construction resources, promoting social inclusion through local income generation. Preliminary results indicate that the incorporation of cardboard can improve the physical properties of mortar and expand the use of accessible technologies in housing construction in vulnerable areas, contributing to the valorization of local resources and sustainable solutions.

Keywords:
Earth construction; Earth mortars; Cardboard fibers; Physical-mechanical performance; Circular economy.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores mais relevantes para o desenvolvimento da sociedade, porém está entre os que mais impactam negativamente o meio ambiente. A intensa exploração de recursos naturais aliada à alta demanda energética e ao manejo inadequado de resíduos torna esse setor um dos principais agentes de degradação ambiental. Milhões de pessoas seguem vivendo em condições precárias, especialmente em comunidades de baixa renda, o que evidencia um modelo de produção de habitação ambientalmente insustentável que, ainda assim, falha em garantir o direito básico à moradia adequada. De acordo com a Fundação João Pinheiro (2022), o número de domicílios classificados como habitações precárias cresceu de 1,29 milhão em 2016 para 1,48 milhão em 2019, com destaque para o aumento dos domicílios improvisados.

Essa realidade se expressa nos grandes centros urbanos brasileiros, onde as ausências de políticas habitacionais eficazes segregam populações de baixa renda em áreas periféricas ou ambientalmente frágeis. A comunidade de Manguinhos, no Rio de Janeiro, exemplifica esse cenário. Marcada por um histórico de crescimento desordenado e industrialização mal gerida, a região enfrenta sérios problemas de precariedade habitacional e de serviços públicos, incluindo saneamento. Além disso, a ausência de coleta regular de lixo e de um sistema eficiente de gestão e reciclagem de resíduos sólidos contribui significativamente para a degradação ambiental local, o que compromete diretamente a saúde e o bem-estar da população. (Domingues, Cavallazzi, 2023).

Diante dessa problemática, algumas iniciativas têm sido implantadas na comunidade com o objetivo de mitigar esses problemas, como o “Ecoponto Rio”, voltado para a coleta de entulho, e o “Projeto Recicla Comunidade”, que promove a coleta seletiva de materiais recicláveis. No Recicla Comunidades, moradores e catadores entregam materiais como alumínio, papelão e outros recicláveis, que são posteriormente vendidos para empresas especializadas e recebem uma quantia que pode ser reinvestida localmente. Essas ações configuram práticas de economia circular, ao estimular a valorização dos resíduos como insumos para novos ciclos produtivos, contribuindo para a redução do impacto ambiental e para o fortalecimento da economia local, ao mesmo tempo em que promovem maior conscientização ambiental e inclusão social na comunidade.

Nesse contexto, o papelão, amplamente presente no cotidiano de Manguinhos e já integrado à coleta informal por catadores, passa a ser considerado um material com potencial de reaproveitamento. Considera-se sua incorporação em argamassas de terra crua, aproveitando a celulose presente em sua composição, que podem contribuir para a estabilidade e o desempenho de uma argamassa à base de terra. Minke (2012) destaca que fibras de celulose, como as extraídas de jornais, atuam como reforço estrutural em argamassas de terra, o que indica a possibilidade de favorecer a coesão e reduzir a ocorrência de fissuras.

Essa proposta ganha relevância diante das condições habitacionais predominantes na comunidade, onde a maioria das residências é construída em alvenaria com blocos cerâmicos, mas sem acabamento externo. A ausência de revestimento nas fachadas é um aspecto marcante, resultando em um aspecto inacabado e na exposição das estruturas às intempéries. Esse tipo de acabamento precário compromete não apenas a estética urbana, mas também a durabilidade das edificações e a saúde dos moradores.

Diante desse cenário, o reaproveitamento de resíduos urbanos como o papelão surge como uma alternativa viável para a produção de revestimentos. Ao propor uma tecnologia construtiva baseada em recursos locais e técnicas simples, o estudo busca promover soluções construtivas mais inclusivas e adaptadas à realidade de comunidades de baixa renda. A valorização de materiais recicláveis, além de reduzir impactos ambientais, pode incentivar ações comunitárias voltadas à capacitação técnica e geração de renda, fortalecendo a articulação entre sustentabilidade, desenvolvimento local e melhoria das condições habitacionais.

Nesse contexto, o objetivo do estudo se torna investigar a incorporação de fibras de papelão em argamassas de terra crua, para utilização em revestimentos internos e externos, com a finalidade de avaliar sua aplicabilidade e mitigar o efeito de retração comumente associado a essas

argamassas. Pretende-se desenvolver um produto a partir do papelão reciclado, coletado na própria comunidade de Manguinhos, transformando-o em um recurso econômico viável e sustentável. Isso inclui a criação de oportunidades de emprego na coleta, triagem e processamento do papelão, promovendo práticas de economia circular que fortaleçam a economia local e contribuam para a redução do impacto ambiental.

A partir disso, foram definidos os objetivos específicos para esse trabalho, quais sejam:

a) Caracterizar a terra;
b) Desenvolver um método de preparo do papelão;
c) Determinar o traço da argamassa de terra, cal e fibra de papelão;
d) Analisar a trabalhabilidade e a aderência das argamassas com a incorporação da polpa e da lã de papelão.

Ao avaliar o desempenho de uma argamassa de baixo impacto ambiental e uso de materiais reciclados e naturais, esta pesquisa contribui para o avanço do conhecimento técnico sobre o uso da terra crua em revestimentos. A investigação fornece subsídios práticos e metodológicos que ampliam o potencial de aplicação dessa tecnologia. Com isso, a proposta integra ganhos ambientais, sociais e técnicos, reforçando a importância de abordagens sustentáveis e inovadoras no campo da construção civil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A incorporação de papelão reciclado na produção de argamassa à base de terra, conforme proposto nesta pesquisa, alinha-se aos princípios da economia circular ao promover o reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos e gerar valor local. De acordo com a União Europeia, a economia circular é um sistema econômico regenerativo que visa manter o valor dos produtos, materiais e recursos na economia pelo maior tempo possível, reduzindo a geração de resíduos por meio da reutilização, recuperação e valorização dos materiais (European Comission, 2023). No contexto da comunidade de Manguinhos, essa proposta representa uma estratégia para transformar resíduos descartados em insumos construtivos sustentáveis, contribuindo para a melhoria das condições habitacionais e o fortalecimento de cadeias produtivas locais.

Um exemplo que ilustra a viabilidade dessa lógica na prática é o projeto “Arquiteto de Família”, desenvolvido no Morro Vital Brazil, em Niterói. A iniciativa promoveu a troca de resíduos recicláveis por materiais de construção, articulando ações sustentáveis com inclusão social. Feiras de trocas de embalagens por insumos, realizadas em parceria com empresas como Recicoleta e Tetra Pak, viabilizaram a produção de telhas ecológicas e impulsionaram cadeias produtivas locais, ao mesmo tempo em que introduziram soluções sustentáveis em comunidades de baixa renda (Medvedoski, 2017).

A escolha da terra como matriz para a argamassa valoriza um material milenar, amplamente disponível, de baixo impacto ambiental e historicamente utilizado em diversas culturas. Desde a Antiguidade, ela foi empregada em construções habitacionais, religiosas e monumentais, como no templo de Ramsés II, no Egito, e na Grande Muralha da China (Minke, 2012). No Brasil, as técnicas em terra foram moldadas por saberes indígenas e posteriormente desenvolvidas pelo contato com os conhecimentos de colonizadores portugueses e pela força do trabalho dos africanos escravizados, destacando-se sistemas como taipa de pilão, taipa de mão e adobe, amplamente usados no período colonial Neves *et al.* (2022).

Para o desempenho ideal da argamassa, é essencial que a terra seja adequadamente caracterizada. Conforme Neves *et al*. (2009), a proporção entre areia, silte e argila define sua plasticidade, coesão e resistência. A presença excessiva de argila pode levar à retração e fissuração, sendo necessária uma análise granulométrica para ajustar a composição. A estabilização com cal é uma estratégia eficaz para melhorar a durabilidade e resistência da terra. De acordo com Faria e Lima (2018), a cal reage com os componentes argilosos, promovendo endurecimento e maior resistência às intempéries. No entanto, mesmo com a estabilização, o

surgimento de trincas é comum, especialmente em revestimentos. É nesse ponto que a incorporação de fibras aparece como alternativa viável para controle de fissuras.

Diferentes pesquisadores vêm desenvolvendo pesquisas que versam sobre o tema das argamassas com a incorporação de fibras, como no caso de Cardoso, Camões e Eires (2013) em que investigam o comportamento de argamassas à base de terra e cal com adição de fibras naturais e sintéticas, especialmente no que diz respeito à retração, fissuração e resistência à tração e compressão. Os autores compararam diferentes composições: argamassas de terra e cal sem fibras; argamassas com fibras naturais de banana, coco e sisal; e argamassas com fibras sintéticas de polipropileno. Os resultados mostraram que para alcançar a consistência e trabalhabilidade necessária para a argamassa de terra e cal com sisal foi necessário acrescentar um maior volume de água devido à sua alta absorção e rigidez, enquanto a incorporação de fibras de banana, coco e polipropileno não aumentou significativamente a demanda de água. Observou-se a formação de fissuras nas argamassas sem fibras e com fibras de polipropileno, enquanto as fibras naturais reduziram eficazmente a fissuração.

Apesar dos avanços nos estudos com fibras vegetais, há ainda escassez de pesquisas nos repositórios acadêmicos sobre a incorporação de fibras de papelão em argamassas de terra. A maioria das investigações concentra-se em sua aplicação em blocos de concreto e compósitos cimentícios. Um exemplo é o trabalho de Ahmad *et al*. (2020), que avaliou as propriedades mecânicas e a durabilidade de blocos de *"boardcrete"* produzidos com papelão reciclado. O estudo demonstrou a viabilidade técnica e econômica do *boardcrete* como alternativa sustentável ao concreto convencional em aplicações não estruturais, destacando, entre outros aspectos, a significativa redução da condutividade térmica, o que indica um potencial de melhoria no desempenho energético das edificações.

Outro aspecto importante a ser considerado, é o fato de celulose, lignina e hemicelulose serem substâncias orgânicas encontradas tanto no papelão quanto no papel kraft. A presença da celulose se destaca como um elemento benéfico quando incorporada à argamassa de terra, atuando como um reforço estrutural, conforme destacado por Minke (2012). O estudo de Van Vlack (1970) afirma que substâncias naturais como a celulose, devido às suas moléculas grandes, conferem maior resistência às tensões mecânicas e térmicas em comparação com compostos formados por moléculas menores.

Foram encontradas pesquisas sobre a incorporação de fibras de papel kraft em técnicas construtivas com terra, como exemplificado no estudo de Buson (2009), que investigou o uso dessas fibras provenientes da reciclagem de sacos de cimento em blocos de terra comprimida (BTC). A pesquisa teve como objetivo verificar a hipótese de que as fibras de papel kraft poderiam atuar como estabilizantes, melhorando as propriedades físicas e mecânicas do compósito, denominado "kraftterra". Os resultados laboratoriais indicaram que o material apresentou desempenho superior em relação ao solo-cimento em aspectos como resistência à compressão simples e diagonal (inclusive após ciclos de envelhecimento acelerado), menor retração e maior resistência ao fogo. No entanto, observou-se um aumento na absorção de água. Ainda assim, a pesquisa considerou o kraftterra uma alternativa economicamente viável e sustentável para componentes construtivos de vedação vertical.

Embora os estudos específicos sobre a aplicação direta de fibras de papelão em argamassas de terra ainda sejam escassos, o papelão configura-se como um resíduo sólido urbano abundante e amplamente disponível em diversas regiões. Suas características físicas indicam potencial para diferentes aplicações na construção civil, contribuindo para a redução de resíduos e a promoção de soluções sustentáveis. Considerando sua composição semelhante à do papel kraft, é possível vislumbrar o potencial do papelão para desempenhos semelhantes quando incorporado à terra.

Com base nessas considerações, verifica-se que existe uma potencialidade significativa na incorporação de fibras de papelão em argamassas de terra, especialmente como alternativa sustentável e de baixo custo para a construção civil. Ainda que pouco explorada, essa estratégia aponta para caminhos inovadores no reaproveitamento de resíduos urbanos, reforçando a

importância de estudos experimentais que possam comprovar sua viabilidade técnica e ampliar seu potencial de aplicação.

3. MÉTODOS

Este estudo concentra-se nos métodos de estabilização física e química da terra para aplicação em argamassas de revestimento, sendo a estabilização física realizada por meio da adição de fibras de papelão, e a estabilização química, pela incorporação de cal. Os principais materiais utilizados foram a terra, cal e o papelão, que nesta pesquisa será trabalhado em dois diferentes estados, a saber:

a) Polpa de papelão - Obtida pela saturação do papelão em água e sua posterior desintegração mecânica;
b) Lã de papelão - Polpa de papelão seca e desintegrada novamente por processo mecânico, transformando-se em uma fibra seca e solta, semelhante a lã.

Devido à escassez de estudos sobre a incorporação de fibras de papelão em argamassas de terra, inicialmente adotou-se uma abordagem empírica para observação e adaptação do papelão, desde sua saturação em água até a transformação em uma polpa viável para uso na argamassa. Para a produção das argamassas, foram exploradas duas dosagens distintas: terra com cal, e uma combinação de terra, cal e fibra de papelão, a fim de avaliar a trabalhabilidade, aplicabilidade e ocorrência de retração na superfície de blocos cerâmicos, os quais são comumente utilizados nas construções em Manguinhos.

Antes de iniciar estas etapas, foi realizada uma caracterização e preparo dos materiais. A terra foi submetida a uma análise granulométrica, ensaios de limite de liquidez e plasticidade, bem como a testes tátil-visuais. O papelão, coletado na comunidade de Manguinhos, foi estudado quanto à sua estrutura e comportamento em contato com a água, processo fundamental para sua preparação e incorporação na mistura. Neste trabalho, optou-se por manter a nomenclatura "terra", alinhando se com a prática da Arquitetura e Construção com Terra, que utiliza termos como “terra crua”, “terra sem cozer” e “terra para construir”. Para a caracterização da terra, foram aplicados os seguintes ensaios:

a) Solo – Análise granulométrica - NBR 7181 (ABNT, 2025);
b) Determinação do Limite de Liquidez (LL) - NBR 6459 (ABNT, 2016a);
c) Ensaio de Limite de Plasticidade (LP) - NBR 7180 (ABNT, 2016b);
d) Ensaios Tátil – Visuais.

A análise granulométrica foi realizada com 500 g de terra, separando-se as frações fina e grossa por lavagem e peneiramento. A amostra foi submetida à lavagem com peneira de abertura 0,075 mm, com o objetivo de separar a fração fina (silte e argila) da fração grossa (areia e cascalho). A fração fina apresentou 30% de argila e 70% de silte, enquanto a fração grossa, predominantemente com partículas entre 0,3 mm e 1,2 mm, foi quantificada após secagem e peneiramento. O elevado teor de finos identificado favorece a coesão do material, mas também pode contribuir para a ocorrência de retrações.

Peneira (mm)	Material retido (g)	Porcentagem de amostra total seca	
		Retida	Acumulada
4,8	9,5	1,9%	1,9%
2,0	20,9	4,18%	6,08%
1,2	35,2	7,04%	13,12%
0,6	79,9	15,98%	29,1%
0,42	61,5	12,3%	41,4%
0,3	56	11,2%	52,6%
0,15	31	6,2%	58,8%
0,075	7,7	1,54%	60,34%

Tabela 1: Distribuição granulométrica da fração grossa
Fonte: As autoras (2024)

Para a produção de argamassas de terra, recomenda-se, segundo Torraca (2009), uma composição com 20% a 30% de argila e silte, e 60% a 70% de areia. A terra analisada apresentou 38,7% de argila e silte, valor que indica um teor elevado de finos, o que indica um teor elevado de finos, indicando a necessidade de correção. Para melhorar o desempenho da argamassa e minimizar riscos de retração, optou-se pela adição de cal como estabilizante químico.

Os ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade foram realizados conforme as normas NBR 6459 (ABNT, 2016a) e NBR 7180 (ABNT, 2025), respectivamente. A análise da amostra de terra resultou em um Limite de Liquidez (LL) de aproximadamente 31,3% e em um Limite de Plasticidade (LP) médio de 18,3%, obtido a partir de quatro medições individuais. Com base nesses valores, o Índice de Plasticidade (IP) da terra foi de 13%, indicando um solo de plasticidade média, adequado para a formulação de argamassas.

Com base nos procedimentos propostos por Neves *et al.* (2009), foi realizada a caracterização tátil-visual da amostra de terra coletada. Os ensaios permitiram avaliar aspectos como textura, plasticidade, coesão e composição granulométrica aproximada. No teste de tamanho de partículas, observou-se predominância de frações finas (silte e argila) em relação à areia e à presença de pedregulhos, indicando uma terra de natureza silto-argilosa. A avaliação da cor revelou tonalidade marrom, característica de solos inorgânicos com teores significativos de argila. Quanto ao brilho, a baixa refletância observada reforça a predominância de silte. No teste do tato, a sensação de maciez e a facilidade de dispersão das partículas também indicam a presença majoritária de silte. Os testes como de exsudação e resistência seca demonstraram boa coesão, plasticidade.

O papelão utilizado foi coletado na comunidade de Manguinhos e preparado no Laboratório de Ensino de Materiais de Construção e Estudo dos Solos (LEMC). O processo começou na limpeza, com a remoção de resíduos de cola e outros possíveis contaminantes e depois cortado manualmente em pedaços de aproximadamente 3 cm. Para determinar o tempo necessário para a saturação completa do papelão, foram preparadas porções de 150g do material, as quais foram submersas em 4 L de água fervente para facilitar a desintegração do material. Este processo foi realizado por diferentes períodos para avaliar a saturação ideal. Após 10 dias de molho, o material começou a apresentar um forte odor e após 15 dias apresentava uma cor escura, indicando sinais de decomposição. Portanto, para este estudo, estabeleceu-se que as próximas porções para produção da polpa, o papelão fosse deixado de molho por 7 dias para assegurar a saturação completa e facilitar a desintegração do papelão. Após esse tempo, o papelão foi desintegrado em liquidificador com a própria água de imersão, obtendo-se uma polpa homogênea, que foi posteriormente peneirada para remoção do excesso de água. O processo completo de preparo do papelão até a obtenção da polpa está ilustrado na Figura 1.



(a) (b) (c) (d) (e)

Figura 1: (a) Separação de camadas; (b) Corte; (c) Saturação; (d) Trituração; (e) Peneiramento da polpa de papelão-
Fonte: As autoras (2024).

Após a produção da polpa, as fibras foram espalhadas para secagem em temperatura ambiente. No entanto, devido à lentidão do processo, optou-se por utilizar uma estufa a 60 °C durante 24 horas para acelerar a secagem. Após esse período, observou-se que as fibras secas se aglutinaram, formando blocos. Para reverter essa aglomeração e obter uma textura mais solta e fibrosa, o material seco foi novamente processado no liquidificador, resultando na chamada “lã de papelão”, conforme demonstrado na Figura 2.



(a) (b) (c)

Figura 2 – (a) Dispersão da polpa; (b) Aglutinação; (c) Trituração.
Fonte: As autoras (2024).

Para o preparo das argamassas, tentou-se inicialmente o uso de um misturador mecânico, conforme as diretrizes da NBR 16541 (ABNT, 2016d). No entanto, a aderência da massa às pás inviabilizou o procedimento, sendo, portanto, adotada a mistura manual em masseira. As argamassas foram aplicadas sobre blocos cerâmicos de seis furos, previamente umedecidos para evitar a absorção excessiva de água, o que poderia acelerar a secagem da argamassa, comprometer sua cura e favorecer o aparecimento de fissuras. As primeiras proporções de polpa de papelão em relação à massa de terra foram definidas em 5%, 10%, 15% e 18%. No entanto, devido ao alto teor de água na fibra, os efeitos foram pouco perceptíveis na mistura. Diante disso, optou-se por substituir a polpa pela fibra seca, denominada lã de papelão.

Após algumas tentativas, definiu-se o traço base da argamassa em proporção de 3:1:2 (terra: cal: água), utilizado como referência para os demais ensaios. As fibras foram incorporadas em volume à massa base, ajustando-se a água até alcançar a consistência ideal de espalhamento, conforme a NBR 13276 (ABNT, 2016c), adotando-se o parâmetro de 250 ± 5 mm. A argamassa apresentou boa trabalhabilidade e desempenho durante o ensaio, embora pequenas fissuras superficiais tenham sido observadas após a aplicação sobre blocos cerâmicos.

A incorporação da lã de papelão foi realizada com base em 500 ml da massa do traço base, utilizando volumes crescentes de lã de papelão, sem compactação no recipiente de medição, a fim de garantir a padronização da densidade da fibra. Após a mistura da fibra à massa, cada traço foi novamente avaliado na mesa de consistência para verificar o espalhamento conforme ilustrado na Figura 3.



(a) (b)

Figura 3: (a) Incorporação de lã de papelão na argamassa; (b) Medição na mesa de consistência.
Fonte: As autoras (2024).

A partir dessa avaliação, foram realizados ajustes na quantidade de água, seguidos de nova verificação de consistência, a fim de garantir a trabalhabilidade adequada para aplicação. A Tabela 2 apresenta os traços formulados com as proporções de fibras incorporadas ao traço base, enquanto a Tabela 3 detalha as avaliações realizadas para cada traço.

Traço	Volume de massa (ml)	Volume de fibra (ml)	Proporção de massa:fibra
BASE	500	0	-
T1	500	250	2:1
T2	500	500	1:1
T3	500	1000	1:2

Tabela 2: Proporções de fibras incorporadas ao traço base.
Fonte: As autoras (2024).

Traço	Fibra (ml)	Trabalhabilidade	Espalhamento inicial (mm)	Água adicionada (ml)	Espalhamento final (mm)	Retração
BASE	0	boa	250	-	250	Alta
T1	250	boa	216	25	245	Moderada
T2	500	regular	205	75	254	Baixa
T3	1.000	difícil	Não foi possível realizar	150	255	Muito baixa com fissuras < 2 mm

Tabela 3: Avaliação dos traços com fibra de papelão.
Fonte: As autoras (2024).

O traço T1 foi aplicado sobre o bloco cerâmico poucos minutos após a aplicação do traço base, ainda no mesmo dia. Enquanto o traço base apresentou secagem rápida, o traço T1 teve um tempo de secagem mais longo, sugerindo que a fibra contribui para a retenção de umidade e o retardamento da cura. Após a secagem, observou-se uma redução significativa da retração superficial em relação ao traço base, indicando o efeito positivo da fibra.

Com o traço T2, a retração foi ainda menor, embora pequenas fissuras ainda tenham sido identificadas. Já o traço T3 apresentou o melhor desempenho entre todos, com retração praticamente inexistente e fissuras mínimas, todas inferiores a 2 mm de largura. Em todos os traços com fibra, a aderência à superfície dos blocos foi satisfatória, conforme ilustrado na Figura 3.



(a) (b) (c)

Figura 3: (a) Aplicação do traço T1; (b) Aplicação do traço T2; (c) Aplicação do traço T3.
Fonte: As autoras (2024).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos ao longo dos ensaios permitiram avaliar a trabalhabilidade, retração e aplicabilidade de argamassas de terra estabilizadas com cal e aditivadas com fibra de papelão reciclado. As considerações a seguir sintetizam os principais achados e reflexões oriundas da prática experimental.

O processo de preparo do papelão envolveu sua saturação em água, o que contribuiu para uma maior maleabilidade do material. Contudo, a utilização de ferramentas de trituração mais eficazes poderia ter reduzido o tempo de molho. A saturação prolongada, apesar de facilitar a manipulação, pode levar à degradação da celulose, comprometendo as propriedades do papelão. No entanto, a metodologia empregada demonstrou que o processo de preparo do papelão é viável mesmo para amadores, o que favorece a autoconstrução, algo relevante para cenários vulneráveis como Manguinhos.

Observou-se que a utilização de polpa de papelão, em relação à massa de terra, não demonstrou vantagens significativas, uma vez que resultou em uma mistura com excesso de água em comparação com a lã. Em contraste, a fibra seca provou ser mais eficiente na formulação da argamassa. Ao utilizar a lã de papelão em diferentes proporções, observou-se uma leve perda de plasticidade na massa. No entanto, foi possível alcançar o padrão de espalhamento desejado com uma pequena adição de água à mistura. Além disso, a obtenção de uma boa trabalhabilidade na mistura com fibra saturada exigiu mais esforço e ajuste no processo de incorporação.

Os ensaios mostraram que o aumento da quantidade de fibras influencia diretamente na trabalhabilidade e na retração da argamassa. As fibras ajudaram a regular a evaporação da água, promovendo uma secagem mais lenta e uniforme. O traço T3, com maior teor de fibras (66,6% do volume total da mistura), foi o mais eficaz na prevenção de fissuras, embora tenha exigido ajustes significativos para aplicação. Esse desempenho indica que essa proporção pode ser ideal para a terra silto-argilosa utilizada. No entanto, acima desse limite, as fibras dificultam a fluidez da massa, funcionando como barreiras físicas. Ainda assim, a capacidade de controle da retração foi extremamente elevada.

Por fim, todos os traços apresentaram boa fixação à superfície dos blocos cerâmicos, mesmo aqueles com maior teor de fibras. Esse desempenho indica que as fibras do papelão desintegrado, aliadas à plasticidade da matriz de terra, contribuem para o reforço e a aderência da argamassa. Diferentemente de algumas fibras vegetais naturais que, em determinadas proporções, podem comprometer a coesão ou provocar deslizamentos, o papelão demonstrou boa compatibilidade com o sistema terra-cal, reforçando seu potencial como material estabilizante para revestimentos.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho investigou o uso de resíduos de papelão como aditivo em argamassas de terra crua para revestimentos. Com base na análise do contexto socioambiental de Manguinhos, marcado pela carência de revestimentos adequados e pela presença de resíduos recicláveis como o papelão, buscou-se desenvolver uma solução acessível para melhorias habitacionais.

Os resultados indicaram que a incorporação das fibras contribui significativamente para a redução das retrações após a secagem, um dos principais desafios das técnicas com terra crua. No entanto, o preparo do papelão mostrou-se complexo, devido à falta de referências técnicas e à necessidade de etapas como coleta, corte, imersão, trituração e secagem. Apesar das dificuldades, comprovou-se a viabilidade técnica da adição das fibras, demonstrando compatibilidade com a argamassa e potencial de aplicação prática. A partir disso, vislumbra-se a possibilidade de sistematização do processo, com foco em soluções sustentáveis e de baixo custo.

Para continuidade do estudo, recomenda-se aprofundar a caracterização da terra, com análises mineralógicas como DRX (difração de raios X) e FRX (fluorescência de raios X), e realizar ensaios mecânicos e de durabilidade com diferentes proporções de fibras, além de testes de arrancamento e absorção de água. Estudos sobre a viabilidade econômica e logística da produção em escala também são essenciais para ampliar o uso da proposta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Solo — Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, 2016a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Solo — Determinação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro, 2016b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo — Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 2025.

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16541: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura para a realização de ensaios**. Rio de Janeiro, 2016d.

AHMAD, A.; MOHAMMAD, A.; AHMAD, K.; MUJEEBUR, R. **Mechanical properties and durability of boardcrete blocks prepared from recycled cardboard**. Elsevier, 2020.

BUSON, M. A. **Desenvolvimento e análise preliminar do desempenho técnico de componentes de terra com a incorporação de fibras de papel kraft provenientes da reciclagem de sacos de cimento para vedação vertical**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade de Brasília Brasília, 2009.

CARDOSO, J. C.; CAMÕES, A.; EIRES, R. Natural Fiber Reinforced Earth and Lime Based Mortars. *In:* **Portugal SB13 - Contribution of Sustainable Building to Meet EU 20-20-20 Targets**. Guimarães: MULTICOMP - Artes Gráficas, Ltda, 2013.

EUROPEAN COMISSION. **Economia circular: definição, importância e benefícios.** European Comission: 2023. Disponível em: European Comission: https://www.europarl.europa.eu/topics/pt/article/20151201STO05603/economia-circular-definicao-importancia-e-beneficios. Acesso em 17 mai 2025.

FARIA, P., LIMA, J. **Cadernos de Construção com Terra - Rebocos de Terra** (Vol. 3). Argumentum Edições, 2018.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil por cor ou raça (2016-2019)**. Belo Horizonte: FJP. Acesso em 25 de julho de 2025, disponível em https://fjp.mg.gov.br/deficit-habitacional-no-brasil/, 2022.

MEDVEDOSKI, N. S. A prática da arquitetura e urbanismo com a promoção à saúde da populão brasileira. **Expressa Extensão**, v. 22, p. 06-09, 2017.

MINKE, G. **Building with EARTH** (Vol. 01). A. Moura, Ed., 2012.

NEVES, C.; MARANHO, M. F.; LELIS, N.; FARIA, O. B. **Arquitetura e construção com terra no Brasil**. Tupã, 2022.

NEVES, C., FARIA, O., ROTONDARO, R., SALAS, P., HOFFMANN, M. **Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo**. Rede Ibero-americana PROTERRA: 2009. Disponível em: http://www.redproterra.org. Acesso em 19 de 03 de 2023

PACHAMAMA, R. A. **Argamassas de Terra para Reboco**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2020.

TORRACA, G. **Mortars, Bricks and Concretes: Earth, Gypsum, Lime and Cements**. Los Angeles, Lectures on Materials Science for Architectural Conservation. Part 2. The Getty Conservation Institute, 2009.

VAN VLACK, L. H. **Princípio de ciência dos materiais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível superior (CAPES) [Código de Financiamento 001] pela bolsa fornecida à autora principal deste artigo através do Processo n° 88887.153816/2025-00 pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.