

## Avaliação de argamassa de solo-cimento autoadensável (SCAA) com fibras de polipropileno quanto à susceptibilidade a absorção de água e retração

### Evaluation of self-compacting soil-cement mortar (SCSC) with polypropylene fibers for susceptibility to water absorption and shrinkage

<sup>1</sup>Ivan Julio Apolonio Callejas, <sup>2</sup>Luciane Cleonice Durante, <sup>3</sup>Hellyda Sacal de Queiróz, <sup>4</sup>Paulo Cesar Venere, <sup>5</sup>Raoni Florentino da Silva Teixeira

<sup>1</sup>Doutor em Física Ambiental, Professor Associado da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia (FAET), Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT (ivan.callejas@ufmt.com)

<sup>2</sup>Doutora em Física Ambiental, Professora Associada da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia (FAET), Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT (luciane.durante@ufmt.com)

<sup>3</sup>Mestranda no Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (PROFNIT), Ponto Focal Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT (hellyda.arquitetura@gmail.com)

<sup>4</sup>Doutor em Ciência Genética e Evolução, Universidade Federal de Mato Grosso, Professor Titular do Instituto de Biociências, Cuiabá, MT, (paulo.venere@gmail.com)

<sup>5</sup>Doutor em Ciência da Computação, Universidade Federal de Mato Grosso, Professor Adjunto do Instituto de Engenharia, Cuiabá, MT (raoniteixeira@gmail.com)

**RESUMO:** O controle da absorção de água e retração nas argamassas é um requisito dos sistemas de vedação vertical (SVV) das edificações, a fim de evitar patologias construtivas. Este trabalho tem o objetivo de analisar a influência da incorporação de fibras de polipropileno na absorção de água e retração de argamassa de solo-cimento autoadensável (SCAA) que contém areia de Resíduo de Construção Civil (RCC), para uso em SVV. A partir de um traço de referência, o método consistiu em realização dos ensaios laboratoriais de absorção de água e retração, considerando a adição de fibra de polipropileno nas proporções de 0,05%, 0,1% e 0,2% em relação à massa total da mistura. Os valores de absorção de água por capilaridade e por submersão foram elevados, indicando que adição das fibras não contribuiu para aperfeiçoar essas propriedades. Já os valores de variação dimensional foram de 8,6, 9,0, 7,94 e 7,54mm/m aos 28 dias para as argamassas de referência e com fibras nas proporções de 0,05%, 0,1% e 0,2%, respectivamente. A incorporação de 0,1% e 0,2% fibras reduziu, em média, 12% a retração em relação ao traço de referência, não reforçado com fibras. Apesar do efeito benéfico das fibras, todas as argamassas se enquadram na classe de alto nível de susceptibilidade à absorção de água por capilaridade ( $>10 \text{ g/dm}^2/\text{min}^{1/2}$ ) e à fissuração ( $>1,2\text{mm/m}$ ). Assim, a adição das fibras nas misturas pouco contribuiu para aperfeiçoar o traço de referência quanto aos efeitos pesquisados, indicando a necessidade outros mecanismos de controle nas argamassas de solo-cimento autoadensável.

**Palavras Chave:** Paredes monolíticas. Capilaridade. Fissuras, Resíduo de Construção Civil (RCC).

**ABSTRACT:** The control of water absorption and shrinkage in mortars is a requirement of buildings vertical panel systems (VPS) to avoid constructive pathologies. This work aims to analyze the influence of the polypropylene fibers incorporation on water absorption and shrinkage of a self-compacting soil-cement mortar (SCSC) containing sand from recycled construction and demolition waste (RCDW) for use in VPS. From the reference mixture, the method consisted of carrying out laboratory tests of water absorption and shrinkage, considering the addition of polypropylene fiber in the proportions of 0.05%, 0.1%, and 0.2% concerning the total mass of the mixture. The capillarity and submersion values of water absorption were high, indicating that the fiber addition did not improve these properties. The dimensional variation values were 8.6, 9.0, 7.94, and 7.54mm/m at 28 days for the reference mortars and with fibers in the proportions of 0.05%, 0.1%, and 0.2%, respectively. The fiber incorporation of 0.1% and 0.2% reduced, on average, 12% of the shrinkage concerning the reference mix not reinforced with fibers. Despite the beneficial effect of the fibers, all mortars fall into the class of high levels of susceptibility to water absorption by capillarity ( $>10 \text{ g/dm}^2/\text{min}^{1/2}$ ) and to cracking ( $>1.2\text{mm/m}$ ). Thus, the fiber addition in the mixtures does little to improve the reference mixture concerning the effects investigated, indicating the need for other control mechanisms in self-compacting soil-cement mortars.

**Keywords:** Monolithic walls. Fissures. Water capillarity. Construction and Demolition Waste (CDW).

## 1. INTRODUÇÃO

Define-se argamassa como uma mistura homogênea entre aglomerantes e agregados minerais com água de amassamento e, eventualmente, aditivos ou adições para otimizar suas propriedades no estado fresco ou endurecido (BONIN, s.d). Quando utilizadas como revestimento nos sistemas de vedação vertical (SVV), além de permitirem acabamento plano e uniforme, funcionam como uma barreira na envoltória da edificação, fornecendo estanqueidade às chuvas incidentes nos fechamentos, isolamento térmico e acústico, entre outras funções (ABNT, 2021a). Apesar do desenvolvimento tecnológico voltado ao estudo da dosagem e execução destes elementos construtivos, ainda se observa elevado número de edificações que apresentam manifestações patológicas nos revestimentos argamassados, principalmente nas fachadas das edificações (CARVALHO et al., 2014; BAUER et al., 2015).

Uma técnica de SVV bastante difundida no meio rural brasileiro, que utiliza a terra como insumo, é o solo-cimento que consiste na estabilização de solos com cimento, definido como o resultado da mistura do solo, cimento e água, em traço adequado para cada caso de aplicação, caracterizando-se, portanto, o produto final como uma argamassa (ABNT, 2012a). O solo-cimento no estado plástico dispensa o processo compactação, o que ocorre sob a ação do seu peso próprio. Nos últimos anos, estudos incluíram aditivos superplastificantes no solo-cimento, permitindo sua aplicação no estado fluido ou autoadensável (MILANI e BARBOZA, 2016; ALCANTARA et al., 2013). Nacionalmente, esse material tem sido denominado solo-cimento autoadensável (SCAA) e, no exterior, self-compacting soil-cement, cement-stabilised self-compacting, rammed earth e mud-concrete (AROOZ e HALWATURA, 2018).

O SCAA apresenta maiores teores de cimento e água em relação ao solo-cimento compactado, além de aditivos superplastificantes (desenvolvidos para o concreto) para aumentar sua trabalhabilidade, podendo receber adição de finos que aprimoraram suas propriedades no estado fresco e endurecido (FERNANDES, 2017). Em razão disso, o SCAA se apresenta como um potencial material para aplicação em Sistemas de Vedação Vertical (SVV) (ABNT, 2021b), a partir da moldagem de um componente contínuo e monolítico, com ou sem função estrutural. No entanto, requer mais água de amassamento para proporcionar adequado espalhamento (slump flow), o que é um ponto negativo, pois acarreta misturas com elevado fator água/cimento, induzindo a maior absorção de água por capilaridade e retração no estado endurecido (MILANI et al., 2016).

A capilaridade é uma propriedade responsável pela água absorvida durante a chuva ou, ainda, aquela decorrente da umidade ascensional do solo, proveniente da base dos revestimentos. Por sua vez, a variação dimensional de uma argamassa, ocasionada pela perda de massa de água durante o processo de secagem, está diretamente ligada tanto ao aparecimento de fissuras quanto as infiltrações por meio delas, que pode comprometer esteticamente o revestimento argamassado (BAUER et al., 2015) e o requisito de desempenho quanto à estanqueidade. Este fato é agravado quando se incorpora areia de resíduos de construção civil (RCC) na mistura, em virtude de sua elevada capacidade de absorção de água (SIMIONI, CALLEJAS e DURANTE, 2020).

As técnicas tradicionais em terra utilizadas nos sistemas de vedação vertical (SVV) ou paredes, são a taipa de pilão (terra socada em fôrmas), o adobe (tijolos de barro), o pau-a-pique ou taipa de mão (terra aplicada a uma estrutura de madeira trançada), os pães de barro (bispas de solo dispostas umas sobre as outras), solo-cimento e solo-cal (ambos blocos compactados com cimento na composição) (CORDEIRO et al., 2019). Na busca por construções mais sustentáveis, a incorporação de inovações a essas técnicas tradicionais têm ganhado destaque. Nessa perspectiva, se comparado às técnicas de solo compactado, o SCAA se constitui em um processo construtivo mais rápido, com potencial de utilizar a própria mão de obra e solo do local da construção. Além disso, utiliza menor quantidade de cimento, se

comparada ao sistema de concreto autoadensável, o mais semelhante na forma de construir, o que reduz as emissões de CO<sub>2</sub>, com possibilidade ainda de agregar resíduos, tais como os da construção civil (RCC).

Portanto, esse sistema inovador, voltado às construções em terra, se constitui uma alternativa para a cadeia produtiva das moradias dos assentamentos da reforma agrária, facilitando a autoconstrução por parte dos usuários, devido a sua facilidade de execução, não requerendo profundos conhecimentos técnicos construtivos.

De acordo com Durante *et al.* (2022), apesar da política de crédito voltado para a habitação disponibilizado pelo governo brasileiro (Crédito Habitação), as moradias dos assentamentos da reforma agrária possuem baixo grau de consolidação e pouca técnica na aplicação e dimensionamento dos materiais construtivos, fazendo-se necessário que o sistema construtivo adotado para as moradias rurais seja de baixo custo, de elevado grau de consolidação (possa ser finalizado com o mínimo de etapas construtivas, impedindo que as habitações fiquem inacabadas) e de baixa manutenibilidade (considerando que o beneficiário deve destinar poucos recursos para aplicar na manutenção da moradia durante o seu uso). Todas essas características são atendidas pelo SCAA. No entanto, um aspecto a ser equacionado no sistema em SCAA é que este necessita de fôrmas para a moldagem das paredes, que possuem elevado custo inicial, porém podem ser reutilizadas por mais de mil vezes. Assim, o que exige pode comprometer a sua difusão nas comunidades rurais, pode também ser um veículo de acessibilidade a uma moradia digna a milhares de famílias de assentados, a depender do encaminhamento que se dê a esse aspecto técnico.

Diante do exposto, este trabalho volta-se para a avaliação técnica de misturas de SCAA para o atendimento de um importante requisito de desempenho estabelecido na NBR 15575-4 (ABNT, 2021b) relacionado à estanqueidade, uma vez que o SVV externo da habitação deve permanecer estanque e não apresentar infiltrações que proporcionem borrifamentos, escorrimentos ou formação de gotas de água aderentes na face interna. Assim, visando a difusão de sistemas de vedação vertical monolíticos inovadores para as edificações, objetiva-se analisar a influência da incorporação de fibras de polipropileno no controle da absorção de água por capilaridade e no controle da retração de argamassas de solo-cimento autoadensável (SCAA) que contém areia de Resíduo de Construção Civil (RCC).

## 2. MATERIAIS E MÉTODO

Selecionou-se para a pesquisa o traço que apresentou melhor desempenho mecânico no estudo de Simioni, Callejas e Durante (2020) (Tabela 1), com solo, cimento, aditivo e areia de RCC abaixo relacionados, considerando a procedência de Cuiabá/MT:

a) Latossolo vermelho amarelo (classificação A-4 da Highway Research Board - HBR), com 43,61% de material passante na peneira nº 200, limite de liquidez de 33,8% e índice de plasticidade de 7,8%, classificado como solo siltoso (SGB, 2004). Possui composição granulométrica de argila (0%), silte (29,83%), areia fina e média (33,77%) e pedregulho (36,40%). Como se trata de argamassa de solo-cimento, optou-se pela retirada do pedregulho através do peneiramento;

b) Cimento CP II Z 32, composto com filler calcário, de secagem rápida e alta resistência mecânica ( $\geq 32$  MPa aos 28 dias), caracterização física e mecânica enquadrada nas normas;

c) Aditivo superplastificante de pega normal, com composição química à base de éter policarboxílico modificado, que garante plasticidade e fluidez às misturas com elevado teor de materiais finos, como as de latossolo vermelho amarelo, utilizadas nas pesquisas de SCAA; e,

d) Areia reciclada de RCC de densidade de massa aparente (1,98g/cm<sup>3</sup>), inferior à da areia natural usualmente utilizada na região (2,65g/cm<sup>3</sup>); índice de absorção de água (11,5%),

que atende ao limite de 17% da NBR 15116 (ABNT, 2004) e composição granulométrica dentro dos limites de distribuição para agregado miúdo para a zona ótima da NBR 7211 (ABNT, 2009).

Tabela 1 – Traço da mistura de SCAA com incorporação de RCC.

Mistura	Solo	Cimento	Água	Aditivo	RCC	Fator a/c
25% RCC	75%	20%	27%	1,2%	25%	1,62

Fonte: Simioni, Callejas e Durante (2020).

Foi usada microfibras de polipropileno de 12 mm, com diâmetro máximo de 20 micra, nas proporções de 0,05%, 0,1% e 0,2% em relação à massa total da mistura (MILANI et al., 2016) (Tabela 2). O fator água/cimento de Simioni, Callejas e Durante (2020) foi adequado para que fosse mantida a fluidez da mistura na classe SF 2, para vigas, pilares e paredes, com espalhamento entre 660 e 750mm, conforme NBR 15823-1 (ABNT, 2017) (a referência tomada foi a de concreto, por não haver normativa para solo-cimento). A necessidade de adequação foi gerada pelas diferentes características de origem e granulometria do solo e areia de RCC usada, bem como pela própria inserção de fibras, uma vez que, quanto maior o percentual de fibra, maior a necessidade de se elevar o fator água/cimento (SOUZA et al., 2019) para manter o slump flow da mistura nos limites normativos (Tabela 2). O aditivo foi mantido constante, uma vez que seu aumento não gerou contribuição para a fluidez.

Tabela 2 – Traços das misturas de SCAA com incorporação de RCC e microfibras.

Mistura	Cimento (%)	Solo (%)	Areia RCC (%)	Fator a/c	Fibra (%)	Aditivo (%)
REF	20	75	25	2,00	0	1,80
A	20	75	25	2,25	0,05	1,80
B	20	75	25	2,40	0,10	1,80
C	20	75	25	2,50	0,20	1,80

As misturas foram preparadas em misturador de eixo horizontal intermitente. Primeiramente, homogeneizou-se os materiais secos - solo, areia de RCC e cimento. A água foi adicionada em três etapas: inicialmente despejou-se metade do volume, realizando-se a homogeneização. O equipamento foi pausado para descolar manualmente o material do fundo da cuba e adicionou-se 1/4 da água, homogeneizando-se. Na sequência, foi homogeneizada a microfibras. Em seguida, foi adicionado o restante da água juntamente com o superplastificante nela diluído.

Realizou-se o ensaio de espalhamento pelo Método do Cone de Abrams (ABNT, 2017), para verificar as características das misturas no estado fresco. Todas apresentaram diâmetro de espalhamento entre 660 e 750mm, viscosidade plástica aparente t500 menor que 2s e índice de estabilidade visual igual IEV 3, em razão de apresentarem leve empilhamento de agregados no centro do SCAA (Figura 1).

Figura 1 – Aspecto do espalhamento da mistura C (com 0,2% de teor de fibras).



A caracterização do comportamento das misturas no estado endurecido aos 28 dias de idade foi realizada por meio dos ensaios de resistência à compressão simples (ABNT, 2012a), ensaio de absorção de água e de índice de vazios utilizando a NBR 9778 (ABNT, 2009a), enquanto a densidade da massa aparente pela NBR 13280 (ABNT, 2005a). Já o ensaio de absorção de água por capilaridade, que avalia a evolução da quantidade de água absorvida por capilaridade (medição do acréscimo de massa) por unidade de área, em intervalos de tempo, foi realizado seguindo as diretrizes da NBR 15259 (ABNT, 2005b) (Figura 2). As propriedades das argamassas foram classificadas segundo três critérios estabelecidos na NBR 13281 (ABNT, 2005c): densidade de massa aparente no estado endurecido (M), resistência à compressão (P) e coeficiente de capilaridade (C).

Figura 2 – Ensaio de absorção de água por capilaridade em andamento.



Para este ensaio da variação dimensional (retração) das misturas, utilizou-se como referência a NBR 15261 (ABNT, 2005d). Porém, em vez de os corpos de prova serem mantidos em câmara seca, secaram naturalmente em ambiente laboratorial não condicionado. As barras prismáticas foram confeccionadas com moldes metálicos de 25x25x285mm, conforme normativa (Figura 2). As leituras, realizadas com auxílio de relógio comparador, iniciaram-se logo após a desforma das barras, o que se deu em 48 horas (2 dias) após a colocação da água na mistura, seguindo-se com as outras medições até 784 horas (28 dias). Confeccionaram-se três exemplares de barras prismáticas para cada mistura, com os resultados expressos em termos de média das três amostras. Consideraram-se as recomendações do Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB, 1993) para a avaliação da susceptibilidade à fissuração, uma vez que a norma brasileira NBR 13281 (ABNT, 2005c) não apresenta especificação quanto a este requisito. O CSTB classifica o nível de fissuração em três classes: baixa susceptibilidade ( $\Delta l/l$  inferior a 0,7 mm/m), média susceptibilidade ( $\Delta l/l$  entre 0,7 e 1,2 mm/m) e alta susceptibilidade ( $\Delta l/l$  superior a 1,2 mm/m), em que  $\Delta l$  é a variação da retração aos 28 dias e “l” o comprimento do prisma (285 mm ou 0,285m) utilizado nas avaliações.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propriedades determinadas para argamassas segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005c) estão indicadas na Tabela 3. Estas se enquadram como classe M2 de densidade de massa aparente, como P2 para a resistência à compressão e como C6 para coeficiente de capilaridade (pior condição,  $C > 10 \text{ g/dm}^2\text{min}^{1/2}$ ), respectivamente.

É possível perceber que à medida que se adiciona microfibras na mistura, há tendência da densidade de massa aparente se reduzir. Por sua vez, a redução da densidade impacta na resistência a compressão axial, onde as argamassas de SCAA, com maior porcentagem de adição, apresentam menores resistências mecânicas. Isso decorre da baixa resistência

mecânica proporcionada pela microfibras na matriz cimentícia. Outro aspecto a ser considerado nessa redução se refere a elevação do fator água/cimento, que também impacta na resistência.

Tabela 3 – Propriedades médias ( $\pm$ desvio padrão) das argamassas de SCAA em função da variação de microfibras na mistura aos 28 dias de idade.

Fibra (%)	Densidade de massa aparente no estado endurecido ( $\text{kg/m}^3$ ) (M)	Resistência à compressão (MPa) (P)	Coefficiente de capilaridade ( $\text{g/dm}^2\text{min}^{1/2}$ ) (C)	Índice de vazios (%)	Absorção de água (%)
REF	1388,63 $\pm$ 5,91	3,51 $\pm$ 0,34	17,62 $\pm$ 1,06	31,39 $\pm$ 0,59	44,41 $\pm$ 0,60
A	1348,48 $\pm$ 11,27	3,25 $\pm$ 0,16	17,85 $\pm$ 1,94	33,49 $\pm$ 0,42	46,15 $\pm$ 0,35
B	1349,81 $\pm$ 2,45	3,01 $\pm$ 0,08	19,22 $\pm$ 4,11	34,62 $\pm$ 0,18	47,34 $\pm$ 0,06
C	1334,43 $\pm$ 13,17	2,47 $\pm$ 0,24	23,32 $\pm$ 2,50	34,51 $\pm$ 0,15	46,91 $\pm$ 0,09

Nota-se que a adição de fibras não é benéfica para a redução da absorção de água por capilaridade, uma vez que este coeficiente se eleva à medida que se introduz mais fibra na matriz cimentícia. Os coeficientes de capilaridade das misturas REF e A/ B, com adição de até 0,1% de microfibras, não diferem estatisticamente entre si ( $p>0,05$ ). Por sua vez, a mistura C, com 0,2% de adição, difere das demais ( $p<0,05$ ). Portanto, caso se queira ocasionar pouca variação nessa propriedade nas misturas com adição de microfibras em relação a REF, deve-se limitar a porcentagens de adição de microfibras a valores inferiores a 0,1%, uma vez que porcentagens maiores tendem a favorecer a absorção de água por capilaridade.

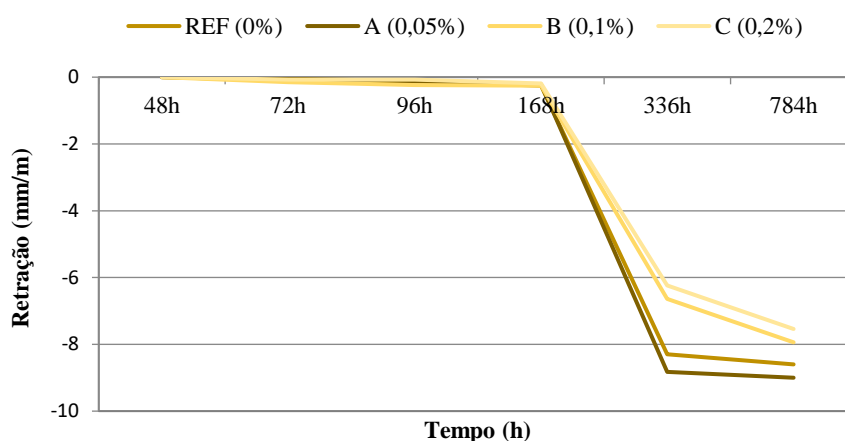
Comportamento similar é observado para o índice de vazios e absorção de água por imersão, com a incorporação de microfibras na matriz cimentícia, impactando negativamente estas propriedades. Apesar da tendência de elevação dos valores destas propriedades com a introdução das fibras na mistura, não se observou diferença estatística entre as misturas ensaiadas ( $p>0,05$ ). O comportamento observado para estas propriedades pode estar associado tanto ao maior uso de fibras quanto a maior necessidade de água de amassamento nas misturas com maior quantidade de fibras, o que é requerido para torná-las mais fluidas e assim atender ao critério de espalhamento requerido entre 660 e 750mm, uma vez que os demais constituintes foram mantidos constantes. A maior quantidade de água torna a mistura mais porosa, elevando o índice de vazios e ocasionando maior absorção de água, conforme se observa à medida que se eleva tanto o fator água cimento quanto a porcentagem de fibras.

No estudo conduzido por Simioni, Callejas e Durante (2020), utilizado como referência, o índice de vazios (24,6%) e de absorção de água (19,4%) foram inferiores aos determinados nesta pesquisa. Já no estudo de SCAA conduzido por Milani et al. (2016), os traços com uso de fibras de polipropileno, os valores de índice de vazios não superaram 36% e os de absorção de água, 22%. Justifica-se esse comportamento devido a alteração do fator água/cimento (de 1,62 para valores superiores a 2,0) nas misturas pesquisadas em razão das modificações granulométricas do solo e areia de RCC usadas na dosagem, com maior porcentagem de finos, que diferiram daquelas usadas no primeiro. Como o nível de absorção de água é superior a 20%, recomendado pela NBR 13555 (ABNT, 2012b), a utilização das misturas de SCAA sem ou com adição de microfibras para produção de paredes monolíticas requer a aplicação de produtos impermeabilizantes visando evitar que água de chuva ou aquela decorrente da umidade ascensional dos solos seja absorvida pelo SVV.

Em relação ao ensaio de retração, até o 7º dia do ensaio houve pouca variação no comprimento das barras prismáticas, sendo este efeito mais acentuado entre o 7º e o 14º dia, com posterior estabilização após esta idade (Figura 3). Isso indica a necessidade de controle da evaporação da água de amassamento até o 14º dia da confecção das misturas, principalmente em regiões onde há alta demanda evaporativa.



Figura 3 – Variação dimensional média das barras com diferentes porcentagens de fibras.



Os valores da retração média de cada mistura, na idade de 168 e 784h (Tabela 4), são superiores aos observados em argamassas industrializadas (BAUER *et al.*, 2015), cujo valor máximo chegou a 1,66mm/m. Porém, os valores se aproximam daquelas idealizadas com SCAA sem e com adição de fibras, tal como a de Milani *et al.* (2016), em que a mistura de SCAA de solo areno-argiloso estabilizado com 20% de teor de cimento e adição de fibras de polipropileno (0,1% em massa total) apresentou retração por secagem natural aos 28 dias igual a 6,05mm/m, compatível com as observadas nesse estudo.

A mistura A com incorporação de 0,05% de microfibras apresentou maiores valores de retração do que mistura REF, apesar de não haver diferença estatística entre ambas ( $p > 0,05$ ). A mistura C foi mais eficaz em controlar a retração, com redução média de 13% em relação ao traço REF, enquanto a mistura B, 8%, ambas apresentando diferença estatística entre as misturas REF e A ( $p < 0,05$ ). Entretanto, as misturas B e C não diferem estatisticamente entre si ( $p > 0,05$ ). Assim, adição de microfibras acima de 0,1% da massa total da mistura não contribui estatisticamente para melhorar o desempenho quanto a este requisito.

Tabela 4: Valores médios de variação dimensional das misturas.

Mistura	Microfibras (%)	168 horas (mm/m)	784 horas (mm/m)
REF	0,00	-0,26	-8,60
A	0,05	-0,22	-9,02
B	0,10	-0,26	-7,94
C	0,20	-0,19	-7,54

Todas as misturas se enquadram com alta susceptibilidade ( $> 1,2$ mm/m) quanto a vulnerabilidade à fissuração. Para regiões com clima muito quente com períodos secos ao longo do ano, como nas regiões tropicais brasileiras, essa característica das misturas de SCAA se torna um desafio a ser enfrentado, indicando a necessidade de mecanismos de controle desse efeito nas misturas de SCAA na condição de uso. A redução da água de amassamento pode ser uma estratégia a partir do uso de outras substâncias que possam dar maior fluidez a mistura. Uma alternativa seria o controle da saída de água de amassamento por meio do uso de aditivos químicos previamente selecionados para esta finalidade.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa analisou-se o comportamento de argamassa de solo-cimento autoadensável quanto à suscetibilidade a absorção de água e à retração mediante a incorporação de microfibras de polipropileno, em percentuais de 0,05%, 0,1% e 0,2%, visando a aplicação em sistemas de vedação vertical.

A incorporação de microfibras de polipropileno reduziu a densidade de massa aparente e provocou queda de resistência mecânica nas misturas, em razão da menor densidade e resistência mecânica desse componente. Quanto incorporada em até 0,1% em relação à massa total da mistura, a microfibras em pouco impactou a capacidade da mistura em absorver água por capilaridade. Já água absorvida por submersão apresentou pouca variabilidade em relação ao traço de referência, mas ainda assim havendo tendência de haver maior absorção nas misturas com maior uso de microfibras. Já o índice de vazios, que busca traduzir a estrutura interna dos corpos de prova no estado endurecido, também apresentou pouca variação com a introdução da microfibras. Assim, quanto a estes requisitos, recomenda-se não utilizar teores de fibras superiores 0,1% para não comprometer ainda mais a absorção de capilaridade das misturas, uma vez que as argamassas pesquisadas se enquadram dentro da pior condição nesse quesito normativo ( $C > 10 \text{ g/dm}^2\text{min}^{1/2}$ ).

As misturas com teores de fibra de 0,1% e 0,2% apresentaram a menor retração aos 28 dias (784 horas), resultando numa redução média de 12% em relação a mistura referência. Já a mistura com adição de 0,05% de fibra não apresentou nenhuma vantagem neste quesito, pois o resultado foi inferior ao da mistura referência. Todas as misturas apresentaram um salto expressivo no aumento da retração a partir do 7º dia (168 horas), que começou a estabilizar a partir do 28º dia (784 horas).

Apesar do efeito positivo na utilização da microfibras, os seus impactos se mostraram pouco expressivo em relação ao controle da vulnerabilidade à fissuração, pois todas as misturas se enquadraram com alta susceptibilidade ( $> 1,2\text{mm/m}$ ), inclusive piorando o desempenho da absorção da água por capilaridade, que já se enquadrava como muito elevado. Portanto, é necessário adotar outras estratégias de combate da absorção de água e da retração nas argamassas de solo-cimento autoadensável para além da utilização da microfibras, podendo ser a redução da água de amassamento ou, até mesmo, o controle da saída de água no processo de secagem.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa é financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso, Brasil (FAPEMAT N. 0323454/2021) e amparada pelo Projeto Diagnóstico para Regularização Ambiental dos Assentamentos da Reforma Agrária (RADIS/UFMT), desenvolvido pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), aos quais os autores agradecem.

#### 6. REFERÊNCIAS

ALCANTARA, M. A. M; NUNES, S. C. B.; RIO, J. F. M. E. **Proposta de elaboração do solo-cimento autoadensável a partir de solos da região do Porto-PT**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 55, 2013, Gramado-RS. Anais... São Paulo: IBRACON, 2013. v. 1.



AROOZ, F. R.; HALWATURA, R. U. Mud-concrete block (MCB): mix design & durability characteristics. **Case Studies in Construction Materials**, v. 8, p. 39-50, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.12.004>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 13280**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005b.

\_\_\_\_\_. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. Rio de Janeiro, 2005c.

\_\_\_\_\_. **NBR 15261**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear). Rio de Janeiro, 2005d.

\_\_\_\_\_. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - determinação da absorção de água por imersão, Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009a.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211**: agregados para concreto: especificação. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 12253**: solo-cimento: dosagem para emprego como camada de pavimento: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012a.

\_\_\_\_\_. **NBR 13555**: Solo-cimento - Determinação da absorção de água - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012b.

\_\_\_\_\_. **NBR 15823-1**: Concreto autoadensável Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro, 2017.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Parte 1: Desempenho. Rio de Janeiro, 2021a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2021b.

BAUER, E.; SALOMÃO, M. C.; RODRIGUES FILHO, H. Avaliação de argamassas industrializadas quanto à capilaridade e retração de acordo com os critérios da NBR 13281 e do método MERUC/CSTB. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, XI SBTA, 2015, Porto Alegre, RS.

BONIN, L. C. **Terminologia de Argamassas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, VIII SBTA, 2009, Curitiba, PA. Disponível em:

[http://www.gtargamassas.org.br/images/phocadownload/Terminologia\\_de\\_Argamassas\\_-\\_GTA\\_-\\_VIII\\_SBTB.pdf](http://www.gtargamassas.org.br/images/phocadownload/Terminologia_de_Argamassas_-_GTA_-_VIII_SBTB.pdf). Acesso em: 18 jun. 2022.

CARVALHO, I. C.; PICANÇO, M. de S.; MACEDO, A. N. Identificação de patologias em fachadas e metodologia de análise: estudos de casos na Universidade Federal do Pará. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 9, n. 2, 2014. DOI: 10.5216/reec.v9i2.29559.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT. CSTB. **Certification CSTB des enduits monocouches d'imperméabilisation – Cahier MERUC**. Livraison 341, cahier 2669- 3, juillet-août 1993. Paris, 1993.

CORDEIRO, C. C. M.; BRANDÃO, D. Q.; DURANTE, L. C.; CALLEJAS, I. J. A. Construções vernáculas em terra: perspectiva histórica, técnica e contemporânea da taipa de mão. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019006, 2019.

DURANTE, L. C. et al. **Atlas Socioeconômico e Ambiental: dos Assentamentos da Reforma Agrária**. 1 ed. Ananindeua, PA: Palafita Book, 2022.

FERNANDES, G. F. **Utilização do solo-cimento auto adensável na fabricação de blocos de alvenaria**. 2017, 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2017.

MILANI, A. P. S.; BARBOZA, C. S. B. Contribuição ao estudo de propriedades do solo cimento autoadensável para fabricação de paredes monolíticas. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 4, p. 143-153, 2016.

MILANI A. P. S; PAZ J. G. S; DIAS, F. G. R. Uso de fibras artificiais em compósitos à base de solo-cimento autoadensável para aplicação em paredes de edificações. **In: Proceedings of The 6th Amazon Pacific Green Materials Congress and Sustainable Construction Materials Lat-Rilem Conference**, Cali, CO, 2016, p. 178-187.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. SGB. **Mapa Geológico do Estado de Mato Grosso**. 2004.

SIMIONI, F. C; CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE; L. C. Solo-cimento autoadensável com incorporação de areia de resíduos de construção civil para aplicação em sistema de vedação vertical. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 4, p. 281–296, 2020.

SOUZA, B. G; CALLEJAS, I. J. A; SIMIONE, F. C; DURANTE. L. C. Avaliação da viabilidade do uso de areia de resíduo da construção civil em dosagens de solo-cimento autoadensável. **In: 6º Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção (ENARC 2019)**, Universidade Federal do Pará, Belém, p. 618-633, 2019.

