ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Análise reológica da incorporação de cerâmica vermelha reciclada nas propriedades de argamassas

Rheological analysis of the incorporation of recycled red ceramics into mortar properties

João Marcos Lima Carvalho
Universidade Federal de Sergipe | São Cristóvão|Brasil | eng.jmlima@gmail.com
Laísa Fontes Santiago Chaves
Universidade Federal de Sergipe | São Cristóvão|Brasil | laisa-fontes@hotmail.com
Handellon Kleyton de Jesus Santos
Universidade Federal de Sergipe | São Cristóvão|Brasil | handellon@academico.ufs.br
Rui Barbosa de Souza
Universidade Federal de Sergipe | São Cristóvão|Brasil |rui.souza@academico.ufs.br

Resumo

O subsistema de alvenaria é preponderante na construção civil brasileira, sendo o bloco cerâmico o componente mais utilizado. Ocorre que, devido à ineficiência da tecnologia aplicada, o resíduo de cerâmica vermelha (RCV) na construção é significativo em grande parte das obras. Esse detrito, ao invés de ser descartado, pode ser utilizado para substituir parcialmente a areia, contribuindo com a sustentabilidade. Visto isso, o objetivo deste trabalho é analisar os comportamento reológicos de argamassas com a incorporação de resíduo de bloco de cerâmica vermelha, por meio dos testes de *flow table* e *squeeze-flow*, analisando a área de contato com o substrato e a absorção de água das argamassas no estado fresco. Para isso, foram produzidas 4 tipos de amostras: uma argamassa mista de referência, com areia natural de quartzo; e amostras ecoeficientes, com substituição parcial da areia, por resíduo de bloco cerâmico triturado em moinho, nos teores de 20%, 40% e 60% da fração de agregado do traço unitário. Os resultados reológicos do índice de consistência apresentam diferenças menos pronunciadas, do que aqueles medidos por *squeeze-flow*, indicando uma maior dificuldade de fluxo nas amostras ecoeficientes em maiores taxas de cisalhamento, em comparação com a amostra referência. Conclui-se que a incorporação de resíduo reciclado de cerâmica vermelha pode ser alternativa viável na melhoria da ecoeficiência de argamassas em teores até 40%.

Palavras-chave: Resíduo de cerâmica vermelha. Argamassa. Squeeze-flow. Ecoeficiência.

Abstract

The masonry subsystem is predominant in Brazilian civil construction, with ceramic blocks being the most widely used component. However, due to the inefficiency of the technology applied, the red ceramic waste (RCV) in construction is significant in a large number of projects. Instead of being discarded, this waste can be used to partially replace sand, thus contributing to sustainability. The aim of this study was to analyze the rheological behavior of mortars

Como citar:
CARVALHO, J. M. L.; CHAVES, L. F. S.; SANTOS, H. K. J.; SOUZA, R. B. Análise reológica da incorporação de cerâmica vermelha reciclada nas propriedades de argamassas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

incorporating red ceramic block waste by means of flow table and squeeze-flow tests, analyzing the area of contact with the substrate and the water absorption of the mortars in the fresh state. To this end, 4 types of samples were produced: a mixed reference mortar, with natural quartz sand; and eco-efficient samples, with partial replacement of the sand with ceramic block waste crushed in a mill, at the levels of 20%, 40% and 60% of the aggregate fraction of the unit trait. The rheological results of the consistency index show less pronounced differences than those measured by squeeze-flow, indicating greater flow difficulty in the eco-efficient samples at higher shear rates compared to the reference sample. It can be concluded that the incorporation of recycled red ceramic waste can be a viable alternative for improving the eco-efficiency of mortars at levels of up to 40%.

Translated with DeepL.com (free version)

Keywords: Red ceramic waste. Mortar. Squeeze-flow. Eco-efficiency.

INTRODUÇÃO

O subsistema de alvenaria é preponderante na construção civil brasileira; conforme o relatório produzido pela ANICER [1], em 90% das alvenarias construídas no Brasil, foram utilizados componentes de cerâmica vermelha. Mesmo com o surgimento de outros materiais, o bloco cerâmico ainda é largamente utilizado no setor da construção civil, seja na construção de muros, contenções, fechamento de vão e outros; devido à questão cultural, preço e grande oferta.

Contudo, é comumente gerada uma quantidade significativa de resíduo de cerâmica vermelha nas construções. O desperdício acontece em várias fases da obra; na chegada da mercadoria, estocagem, na retirada diária, como também na incompatibilidade com o projeto [2]. Segundo a ABRELPE [3] em 2021 foram coletados mais de 48 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD), os quais grande parcela foram descartadas em vias públicas.

No sentido de mitigar o passivo ambiental gerado pelo descarte destes resíduos, e melhorar a ecoeficiência das argamassas aplicadas em obra, propõe-se a reciclagem do resíduo de cerâmica vermelha (RCV) para aplicação como agregado em argamassas.

Aplicando este fundamento da economia circular, além dos benefícios citados, reduz-se o consumo por matérias primas naturais, fomenta-se a logística reversa na construção civil, melhora-se os indicadores ESG das empresas envolvidas, além do potencial de redução de emissões e potencial redução no custo do material, na comparação dos processos industriais relativos ao uso de matérias primas naturais, e o processo de reciclagem do RCV, considerando este implementado e consolidado.

O desempenho das argamassas está relacionado às suas propriedades e à interação argamassa-substrato, uma vez que seu comportamento é função da boa aderência entre estas fases. A resistência de aderência da argamassa está fortemente relacionada com as suas propriedades reológicas, uma vez que seu comportamento no estado fresco apresenta grande correlação com sua aderência quando endurecido [4].

Considerando a necessidade de estudos no estado fresco de compósitos cimentícios para mitigar os descartes de resíduos no meio ambiente, o objetivo deste trabalho é

analisar o comportamento reológico de argamassas com a incorporação de resíduo de bloco de cerâmica vermelha, por meio dos testes de *flow table* e *squeeze-flow*, analisando a área de contato com o substrato e a absorção de água das argamassas no estado fresco.

COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE ARGAMASSAS

A reologia é o estudo da deformação e fluxo da matéria, analisando a deformação e tensão de cisalhamento ao decorrer do tempo [5] [6], assim, o comportamento reológico de um fluido é representado pela relação entre o fluxo (taxa de cisalhamento) e as tensões a que são submetidos.

A lei mecânica que descreve o comportamento do fluido puramente viscoso é a lei de Newton, sendo a viscosidade do fluido uma constante que relaciona a taxa com a tensão de cisalhamento, conforme a equação [7]:

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \qquad \textbf{Equação 1}$$

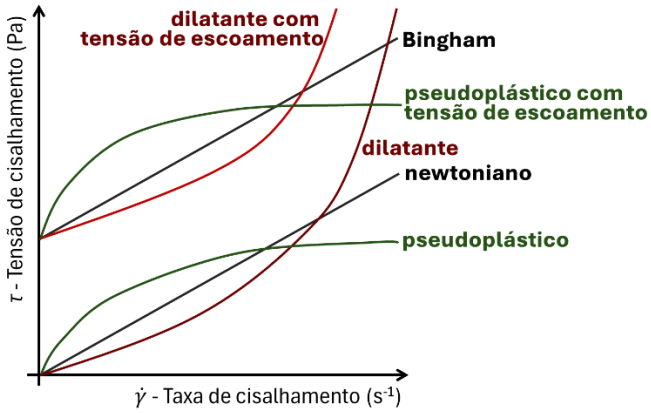
Onde: τ – Tensão de cisalhamento (Pa)

η – Viscosidade (Pa·s)

$\dot{\gamma}$ – Taxa de cisalhamento (s^{-1})

As argamassas são suspensões reativas, ou seja, composta por partículas sólidas em meio líquido, e com propriedades que variam no tempo. O comportamento reológico de suspensões é influenciado por fatores como: concentração volumétrica de sólidos, propriedades do meio líquido, temperatura, características físicas e morfológicas das partículas e interação das partículas com o meio [7]. No caso de suspensões concentradas, como as argamassas, seu comportamento pode desviar do newtoniano, para comportamento não lineares, descritos na Figura 1:

Figura 1: Comportamentos reológicos lineares e não-lineares dos fluidos



Fonte: adaptado de [7].

Entre os ensaios mais utilizados para estudar o comportamento reológico, está a mesa de consistência e *squeeze-flow*. Dado que no ensaio de mesa de consistência segundo a norma NBR13276 [8], é um ensaio monoponto, o comportamento reológico é observado indiretamente, e em uma única condição de taxa de cisalhamento. Para

efeitos de referência, adota-se comumente o espalhamento da argamassa entre 245 e 265 mm como consistência adequada da argamassa para uso. Pode-se considerar também a viscosidade e a segregação na massa, após os impactos [9].

O ensaio de *squeeze-flow* conforme a norma NBR 15839 [10], em argamassas, é mais abrangente tanto pelo fato de ser um ensaio multiponto, como pela "mudança geométrica inerente ao ensaio que simula fenômenos de restrição que ocorrem durante etapas da aplicação" [9]. Outro ponto considerável é o fato de dispensar uso de reômetro dedicado às argamassas, sendo possível implementar em prensas eletromecânicas (comumente presente em laboratórios). Sendo os resultados mais significativos que aqueles obtidos na mesa de consistência [11].

Devido à natureza plástica da argamassa no estado fresco, tem que se analisar a área de adesão inicial no substrato, pois muitos dos problemas presentes no estado endurecido são provenientes de falhas no estado fresco [12]. Entre as propriedades da argamassa, a resistência de aderência é uma das que mais requer atenção, por ser a capacidade de resistir às tensões que atuam na área de contato com o substrato [13].

Os mecanismos de aderência da argamassa ao substrato são dois: imbricamento de etringita nos poros (cristalização da fase etringita nos poros do substrato); e área de contato da argamassa (ligação química do C-S-H do cimento com o substrato). Desta forma, a condição reológica da argamassa influencia fortemente a adesão, uma vez que determina a facilidade de escoamento da argamassa por toda a área de substrato.

Tem-se produzido cada vez mais pesquisas as quais estudam as propriedades no estado fresco, uma vez que foi observado em trabalhos anteriores, que para alcançar argamassas com desempenho adequado, tem que haver uma consonância entre argamassa-substrato [14].

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados na produção das argamassas foram cimento CPV-ARI, cal hidratada CHI, areia lavada natural, agregado miúdo reciclado de cerâmica vermelha e água potável da rede pública.

O agregado reciclado foi produzido a partir da moagem de bloco cerâmico de vedação, em moinho de mandíbula, ajustado de modo a resultar em partículas de tamanho compatível com agregado miúdo (Figura 2). O material moído utilizado na produção das argamassas foi aquele passante na peneira de abertura 1,2 mm em peneirador mecânico exposto na Figura 2.

Figura 2: Moinho de mandíbulas utilizado para reciclagem dos blocos de cerâmica vermelha: visa frontal (à esquerda) e vista lateral (ao centro). Peneirador mecânico (à direita)

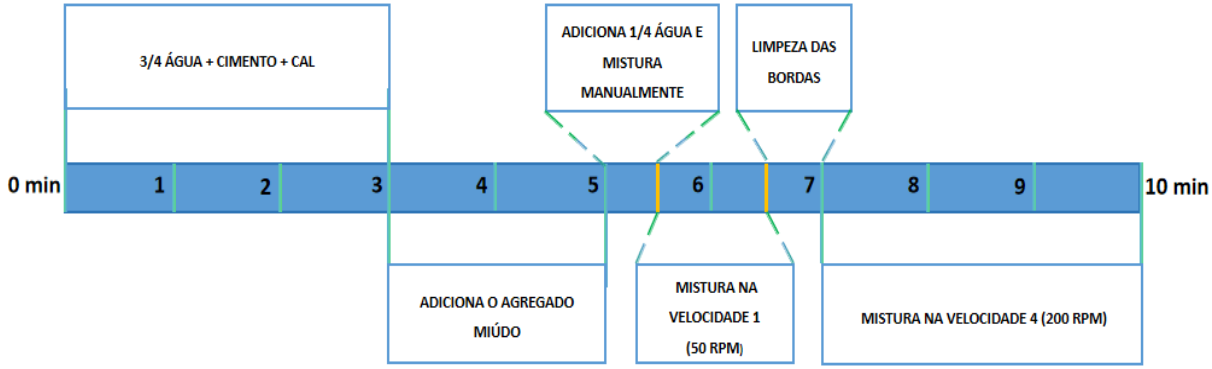


Fonte: o autor.

As amostras produzidas foram com o mesmo traço unitário (1 : 0,5 : 3) (cimento : cal : agregado miúdo), variando o teor de agregado reciclado de RCV em função do total de agregados: AmREF (sem agregado reciclado); Am20 (20% de agregado reciclado); Am40 (40% de agregado reciclado); Am60 (60% de agregado reciclado). O teor de água das misturas variou, pois, todas as formulações foram produzidas objetivando atingir um mesmo espalhamento na mesa de consistência.

A produção das argamassas seguiu o seguinte procedimento, em misturador planetário de 4,5 litros de capacidade, conforme ilustrado na Figura 3:

Figura 3: Fluxograma do processo de produção das argamassas



Nota: Agregado miúdo é a areia natural e/ou agregado reciclado de RCV. Fonte: o autor.

CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Foi realizada a determinação da distribuição de tamanho de partículas, como auxílio de um conjunto de peneiras (série normal) e o material retido em cada peneira mais o fundo, foi pesado em uma balança digital com precisão 0,1g. Os procedimentos seguiram a norma técnica NBR 17054 [15].

INDICADORES DE COMPORTAMENTO

Índice de consistência

Foi realizada a medida do índice de consistência na mesa de consistência, seguindo a norma técnica NBR 13276 [8]. Após o procedimento, foram realizadas três medidas

do diâmetro da amostra de argamassa espalhada sobre a mesa. Segundo a mesma norma, o resultado do índice de consistência é determinado conforme a média das três medidas do diâmetro.

Squeeze-flow

Foi realizado o ensaio de squeeze flow nas 4 amostras de argamassa, sendo cada amostra formada por 4 exemplares. Os parâmetros de ensaio adotados foram: carregamento à compressão até carga máxima de 500N (célula de carga de 500N); velocidade de carregamento de 0,25N/s e punção circular de 25mm de diâmetro (Figura 4).

Figura 4: Célula de carga de 500N com punção circular de 25mm de diâmetro (à esquerda); arranjo do ensaio de squeeze flow com amostra abaixo do punção (ao centro) e amostra puncionada (à direita)



Fonte: o autor.

O molde utilizado no ensaio de *squeeze-flow* foi de aço inox, circular, semiconfinado, com lados chanfrados, conforme geometria apresentada na Figura 5. O procedimento de moldagem for aquele apresentado por Cardoso, Pileggi e John (2010) [9], com preenchimento do molde sem adensamento da amostra.

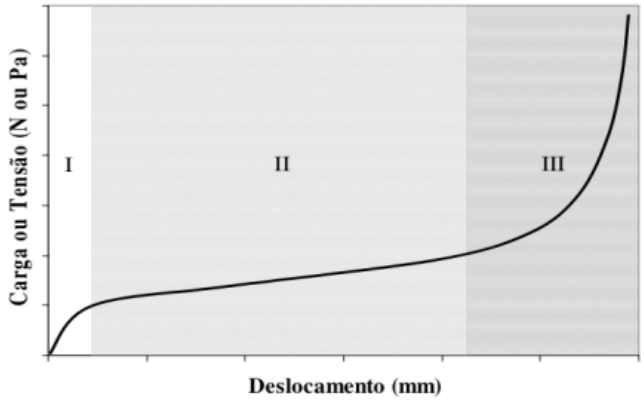
Figura 5: Desenho esquemático do corte lateral do molde utilizado no ensaio de *squeeze flow* (à esquerda); molde de aço inox vazio (ao centro) e molde preenchido com argamassa (à direita)



Nota: D=170mm; d=150mm; h=15mm. Fonte: o autor.

O perfil gráfico comum obtido no ensaio de *squeeze-flow* apresenta três regiões definidas a partir da análise de propriedades dos materiais, os quais são verificados à tensão ou carga aplicada sob o material em função do deslocamento vertical da punção, conforme Figura 6:

Figura 6: Perfil típico de carga x deslocamento de um ensaio de *squeeze-flow*

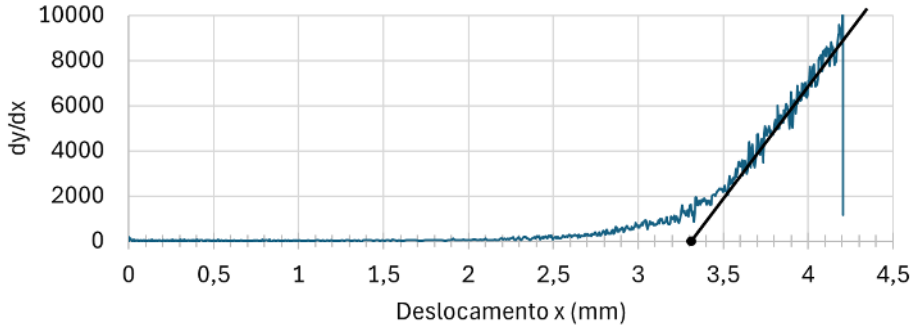


Nota: Estágio I - deformação elástica; Estágio II - deformação plástica ou fluxo viscoso; Estágio III - enrijecimento por deformação (*strain hardening*). Fonte: CARDOSO et al [12].

Os valores de início e final do estágio III (*strain hardening*) foram adotados como índices do ensaio de *squeeze-flow*. A determinação dos deslocamentos de início do trecho de comportamento de *strain hardening* foi realizada a partir da curva derivada calculada com os dados de carga X deslocamento. A curva derivada apresenta de forma pronunciada o trecho de fluxo da argamassa em regime de viscosidade constante (estágio II), onde a derivada é zero, e o trecho de fluxo com aumento linear da viscosidade (estágio III), onde a derivada é uma reta. O critério de determinação do deslocamento de início do *strain hardening* foi o prolongamento do trecho reto, até o seu cruzamento com o eixo x, sendo este ponto o valor adotado, conforme indicado na Figura 7.

O valor de deslocamento final do trecho de comportamento de *strain hardening* foi o deslocamento máximo ao final do ensaio de *squeeze flow*.

Figura 7: Exposição do método de determinação do deslocamento do ponto inicial do trecho de *strain hardening*



Nota: Exemplar 3 da amostra AmREF. Fonte: o autor.

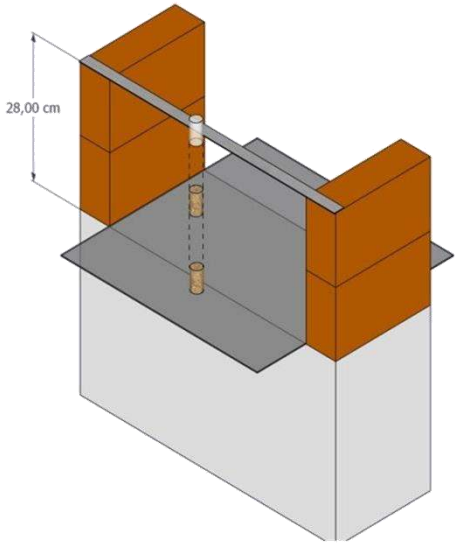
Área de contato com o substrato

Outro indicador de comportamento foi a área de contato da argamassa com um substrato. Para tal foi padronizada uma energia de lançamento da argamassa, e observada a área de defeitos na interface de contato argamassa – substrato. O procedimento consistiu em preencher um recipiente cilíndrico, de 30x60 mm, em 3 camadas, realizando o adensamento com 10 golpes no fundo do recipiente, por camada, sendo a última camada rasada com o auxílio de uma espátula. O recipiente

foi invertido com a abertura voltada para baixo sempre de uma mesma altura, na posição de queda livre. Com altura constante de 28 cm e massa constante de 70 g, as amostras foram todas lançadas com energia potencial de E_{PG} = 0,096 J.

O substrato adotado foi uma placa de acrílico, cuja transparência foi necessária para a captura de imagens da interface de contato entre a argamassa e o substrato acrílico. Cada amostra foi composta por 4 exemplares.

Figura 8: Desenho esquemático do arranjo utilizado no ensaio de área de contato



Fonte: o autor.

A imagem foi capturada em câmera de lente grande angular de 12 MP, sensibilidade à luz ISO80, abertura da lente ƒ1.6.

Absorção água

A absorção de água foi determinada por princípio de Arquimedes, seguindo os parâmetros de ensaios conforme Souza [16]. O procedimento consistiu na imersão dos corpos de prova de argamassa em água saturada de cal 24 horas após sua moldagem, permanecendo nesta condição por 13 dias. Após a saturação dos corpos de prova, foi determinada a massa saturada com o auxílio de uma balança digital de precisão 0,01 g. Para a determinação da massa seca, os corpos de prova foram levados para uma estufa, onde passaram por um procedimento de secagem em estufa com circulação a uma temperatura de 60°C em 48 horas. Para o cálculo da absorção de água foi aplicada a Equação 2:

$$Ab = \frac{m_{sat} - m_{seca}}{m_{seca}} \qquad \textbf{Equação 2}$$

Onde: *Ab* – Índice de absorção de água (%)

m_{sat} – Massa saturada (g)

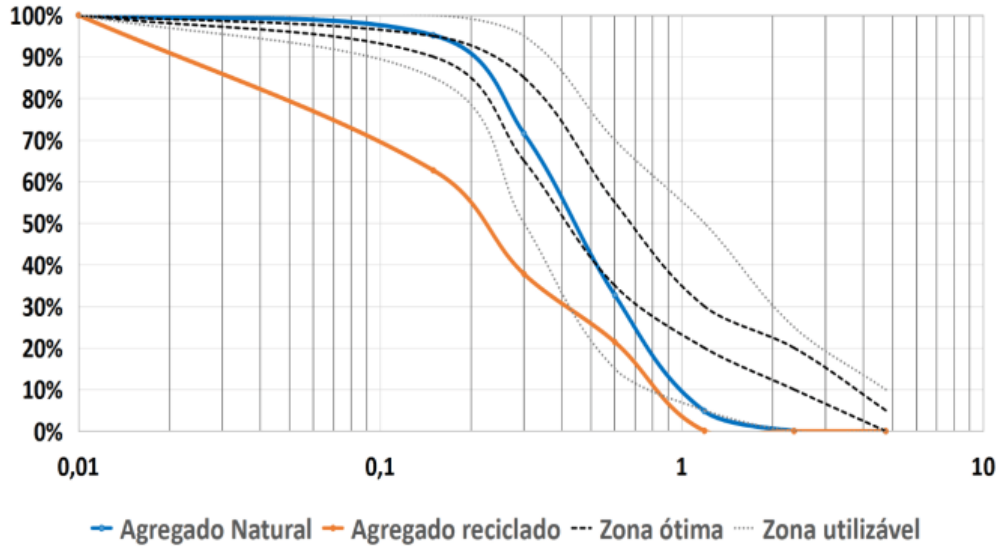
m_{seca} – Massa seca (g)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A variável do estudo, que são os agregados, foram caracterizados quanto à distribuição de tamanho de partículas. A Figura 9 mostra que a areia natural utilizada apresenta curva de distribuição classificada como utilizável, uma vez que se encontra integralmente dentro dos limites da zona utilizável. O agregado miúdo reciclado de RCV possui partículas mais finas que a areia natural, com cerca de 30% da curva dentro da zona utilizável e o restante em região mais fina.

Figura 9: Desenho esquemático do arranjo utilizado no ensaio de área de contato

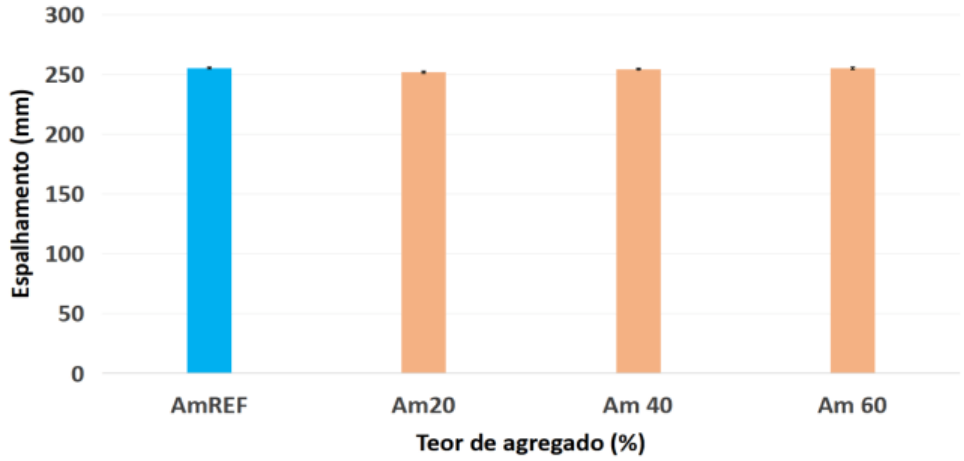


Fonte: o autor.

COMPORTAMENTO REOLÓGICO

As 4 amostras foram formuladas objetivando fixar o valor de espalhamento na mesa de consistência, para se avaliar os demais efeitos resultantes, considerando a recomendação da norma de 260 mm. A Figura 10 mostra a pequena variação obtida a partir da média de 3 determinações.

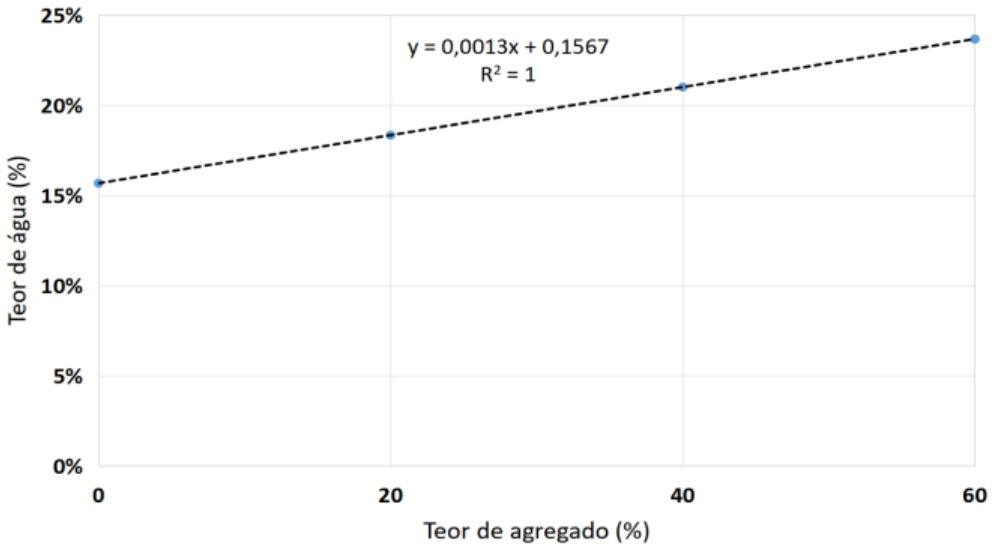
Figura 10: Espalhamento na mesa de consistência



Fonte: o autor.

Uma vez que o espalhamento ficou fixo, a primeira consequência observada foi na Uma vez que o espalhamento permaneceu fixo, a primeira consequência observada foi um aumento da dosagem de água de cada mistura. A Figura 11 revela que a incorporação de agregado reciclado e a dosagem de água são grandezas diretamente proporcionais na argamassa. Este efeito é resultado do crescimento da área superficial específica deste agregado, uma vez que este é mais fino em comparação com a areia natural. No entanto, ao considerar todas as partículas como esféricas, a estimativa de expansão dessa área é de aproximadamente 8%, o que é inferior às amostras testadas. Assim, percebe-se que a morfologia do agregado reciclado também contribui para o maior consumo de água nas argamassas.

Figura 11: Consumo de água das amostras de argamassa em função do teor de agregado reciclado

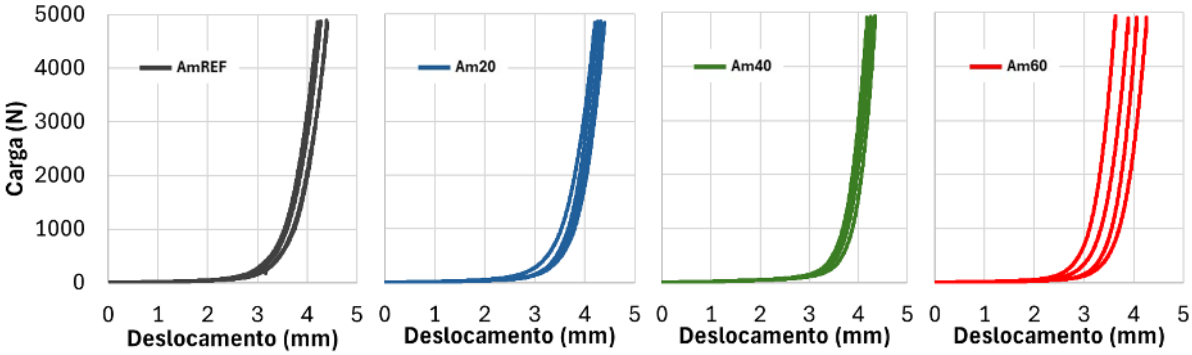


Fonte: o autor.

A Figura 12 mostra os resultados do ensaio de *squeeze-flow* apresentados por cada amostra, cada uma composta por 4 exemplares. Estes resultados mostram a baixa

variabilidade entre os exemplares, com exceção da amostra Am60, que apresentou um pouco mais de diferença entre resultados.

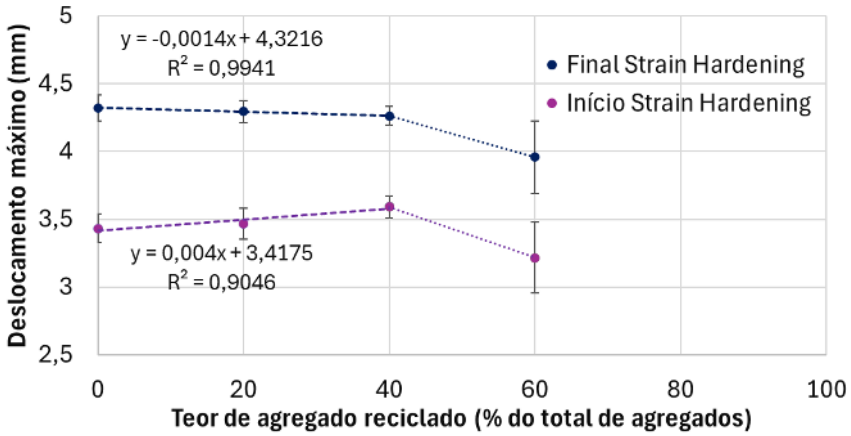
Figura 12: Resultados do ensaio de *squeeze-flow* apresentados por cada amostra (AmREF; Am20; Am40 e Am60), cada uma composta por 4 exemplares



Fonte: o autor.

A Figura 13 mostra os indicadores obtidos a partir dos resultados de *squeeze-flow*, que são os pontos de início e final do estágio III (*strain hardening*). Quanto maior o valor de deslocamento para se iniciar (ou finalizar) o fluxo em *strain hardening*, indica que o material possui fluxo mais fácil por maior intervalo de taxa de cisalhamento, que é um comportamento benéfico. Estes resultados mostram que o início de deformação em *strain hardening* apresenta pequeno aumento entre a amostra de referência e a amostra com adição de 40% de agregado reciclado, no entanto, não há diferença significativa entre elas. Também foi observada constância de resultados para o final do *strain hardening* neste mesmo intervalo de amostras. A amostra com 60% de agregado reciclado apresentou, além da maior variabilidade observada na Figura 12, uma redução no seu trecho de fluxo constante, indicando que este teor de adição prejudica a condição reológica da argamassa.

Figura 13: Variação do deslocamento máximo em função do teor de agregado reciclado nos pontos de início do comportamento *strain hardening* e de final do comportamento *strain hardening*

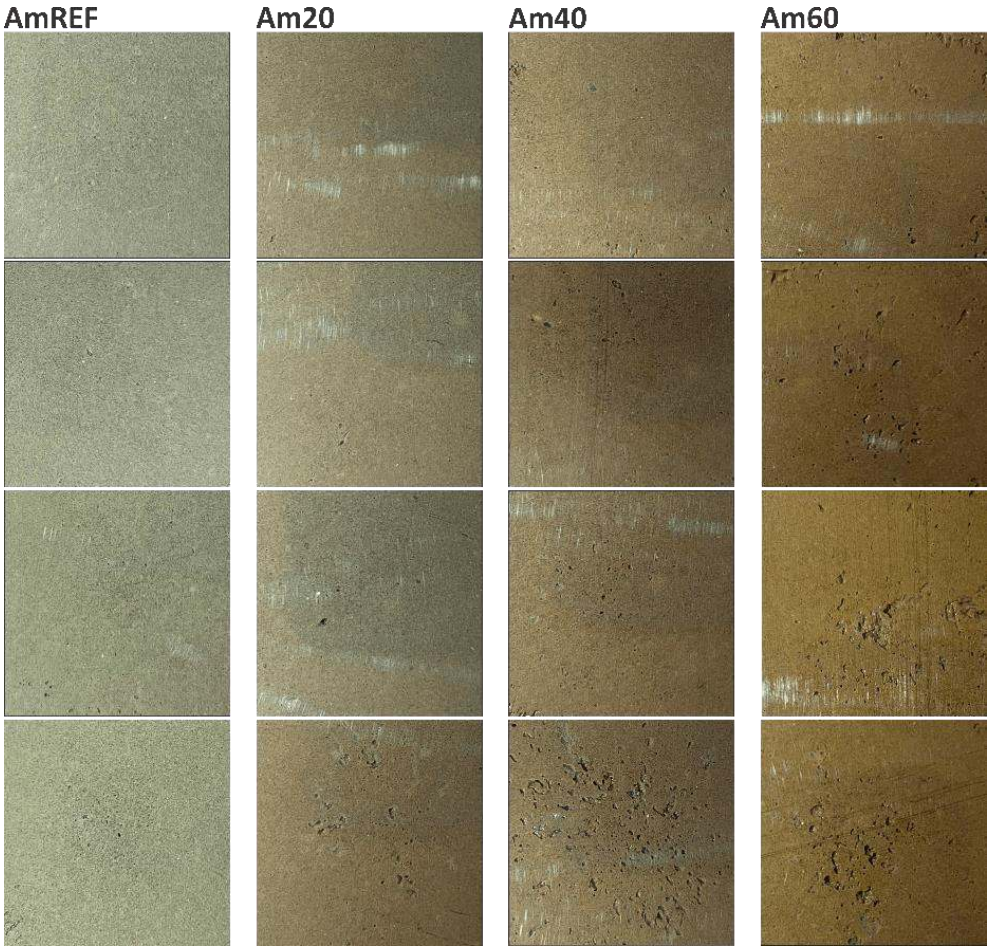


Fonte: o autor.

ÁREA DE CONTATO COM O SUBSTRATO

A Figura 14 mostra que a amostra AmREF apresenta quase que 100% de área de argamassa em contato com o substrato, com quase ausência total de defeitos (pontos escuros nas imagens). A amostra Am20 também apresentam comportamento de grande área de contato, com apenas 1 exemplar apresentando alguns defeitos (área sem contato com o substrato). A amostra Am40 apresenta pouca ocorrência de defeitos em pelo menos 3 exemplares, com um exemplar com defeitos aparentes mais destacados. A amostra Am60 foi a única que apresenta defeitos mais pronunciados em pelo menos 3 exemplares.

Figura 14: Área de contato entre a argamassa fresca e o substrato acrílico, das amostras ensaiadas aos 10min após início da mistura: AmREF (à esquerda); Am20 (ao centro-esquerda); Am40 (ao centro-direita) e Am60 (à direita)

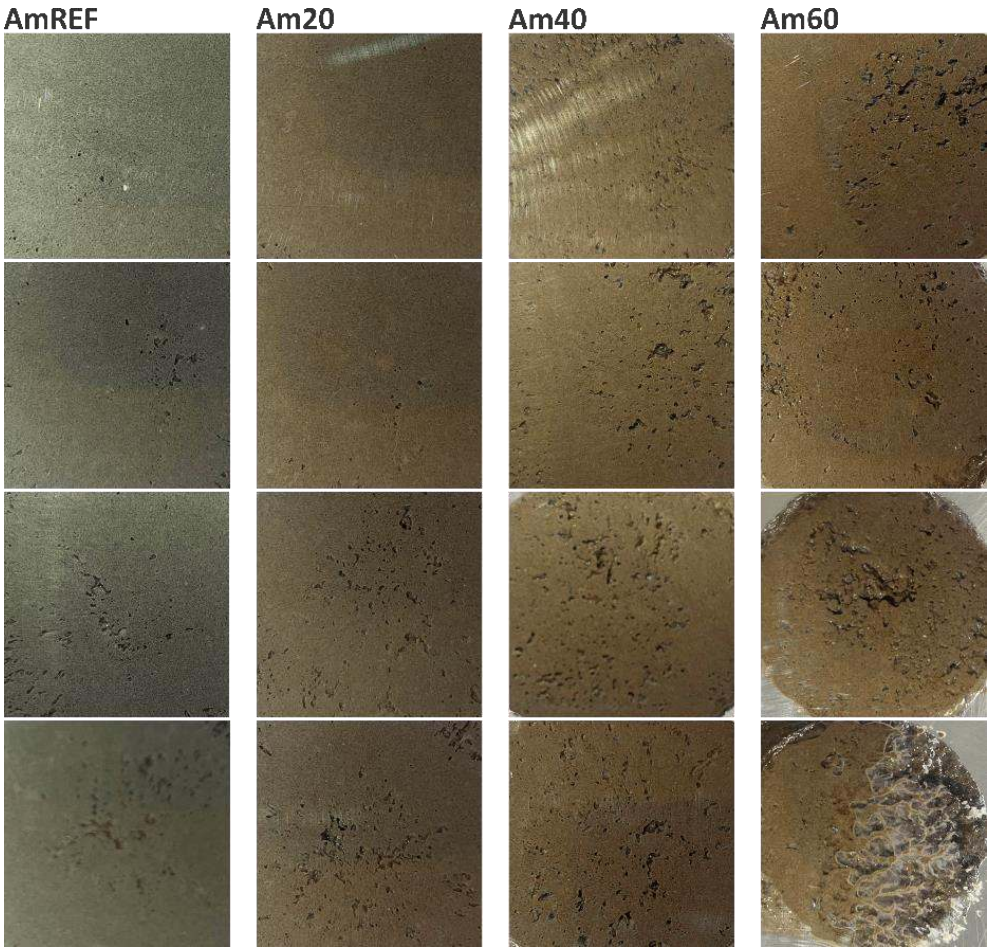


Nota: Cada quadrado equivale a uma área de 30 x 30mm. Cada coluna compõe uma amostra formada por 4 exemplares. Fonte: o autor.

A este indicador de comportamento foi adicionada mais uma dimensão, que foi o tempo de espera das amostras após a mistura. Após 60 min da mistura, as mesmas amostras foram ensaiadas novamente e os resultados estão apresentados na Figura 15. Da mesma forma que o observado nas amostras ensaiadas logo após a mistura, aos 60 in observou-se uma piora significativa dos resultados, com maior quantidade de defeitos observáveis, mas com uma piora linear entra a amostra AmREF e Am40, e com um salto maior de perda de desempenho na amostra Am60, com exemplares com

deformação baixa, que não formaram área de contato suficiente para cobrir o quadrado de 30 x 30 mm analisado entre todas as amostras.

Figura 15: Área de contato entre a argamassa fresca e o substrato acrílico, das amostras ensaiadas aos 60min após início da mistura: AmREF (à esquerda); Am20 (ao centro-esquerda); Am40 (ao centro-direita) e Am60 (à direita)

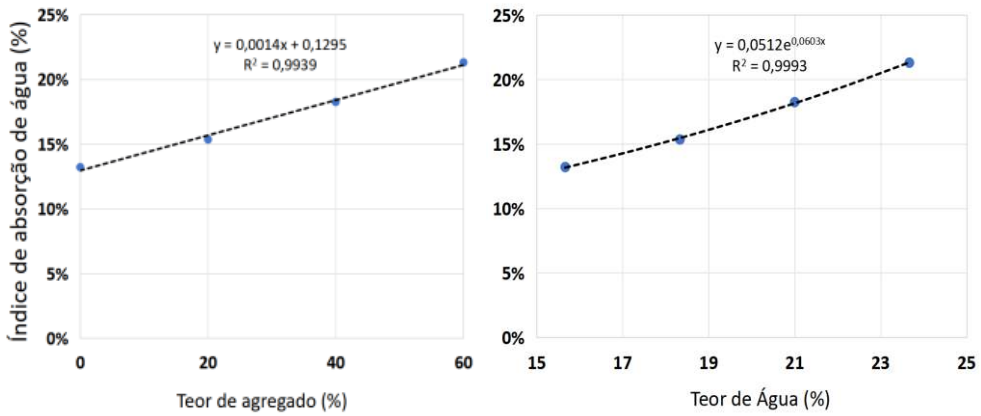


Nota: Cada quadrado equivale a uma área de 30 x 30mm. Cada coluna compõe uma amostra formada por 4 exemplares. Fonte: o autor.

COMPORTAMENTO FÍSICO

O índice de absorção de água é um indicador da porosidade da argamassa, que se reflete em sua resistência mecânica. A Figura 16 mostra que o aumento no teor de agregado reciclado adicionado à argamassa resulta em maior índice de absorção de água. Este comportamento é efeito da maior demanda de água na mistura, como mostra a relação exponencial da Figura 16.

Figura 16: Variação do índice de absorção de água em função do teor de agregado reciclado (à esquerda) e relação entre o teor de água da mistura e o índice de absorção de água (à direita)



Fonte: o autor.

CONCLUSÃO

Considerando a análise apresentada, pode-se concluir que a inserção de RCV como agregado em argamassas oferece uma solução viável para mitigar os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado desses resíduos.

Os resultados mostraram que o aumento na proporção do RCV resultou em uma maior demanda de água nas misturas, devido à maior área superficial específica e morfologia das partículas recicladas, fator que explica também o aumento da absorção de água nas misturas. Embora a incorporação de até 40% de RCV não tenha afetado significativamente o comportamento reológico, a dosagem com 60% procedeu em uma diminuição na consistência e adesão das argamassas ao substrato.

O estudo também revelou que a área de contato entre a argamassa e o substrato diminui como a adição do teor de RCV , especialmente após um tempo de espera de 60 minutos. Isso indica que o compósito cimentício com maior proporção do resíduo tem menor capacidade de manter a aderência com o substrato ao longo do tempo.

Apesar das limitações observadas, o uso de RCV em argamassas demonstra potencial para aplicações específicas, desde que seja limitada sua inclusão na matriz cimentícia. Essas barreiras identificadas sugerem que estudos futuros poderiam analisar a argamassa no estado endurecido, com um foco especial na avaliação da resistência mecânica, por meio do ensaio de arrancamento.

REFERÊNCIAS

[1] ANICER (Rio de Janeiro). **Relatório Anual**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: https://www.anicer.com.br/relatorio-anual/. Acesso em: 10 abr. 2013.

[2] HOLANDA, R. M. **Avaliação do desperdício da argila nas indústrias da cerâmica vermelha e construção civil: estudo de caso nos municípios de Paudalho e Recife no Estado de Pernambuco**. 2011. 120f. Tese (Doutorado em Recursos naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande-PB, 2011. Disponível em: http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/2374 Acesso em: 07 mai. 2024.

[3] ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: Grappa Marketing Editorial, 2022. Disponível em: https://www.abrema.org.br/panorama/ Acesso em: 10 abr. 2013.

[4] FRANÇA, M. S.; CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G. **Influência do procedimento de mistura em laboratório nas propriedades de argamassas**. 13. ed. Porto Alegre: Ambiente Construído, 2013. 13 p.

[5] BANFILL, P. F. G., **Rheological methods for assessing the flow properties of mortar and related materials**, Construction and Building Materials, v. 8, pp. 43-50, 1994.

[6] BARBOSA, M. P.; MACIEL, G. F.; CASTRO, A. L.; REIS, J. F. A.; LEMOS, K. A. A. **Determination of rheological parameters of mortar and concrete by alternative techniques**. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2011. 21 p.

[7] A, Cardoso F; G, Pileggi R; M, John V. **CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DE ARGAMASSAS PELO MÉTODO DE SQUEEZE-FLOW**. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: Sbta, 2005. p. 121-143

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

[9] CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. **Squeeze-flow aplicado a argamassas de revestimento: Manual de utilização**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, v. 1, p. 1-31, 2010.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15839**: argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos: caracterização reológica pelo método squeeze-flow. Rio de Janeiro, 2010.

[11] ANTUNES R. P. N; JOHN V.; PILEGGI, R. G. **INFLUÊNCIA DA SEQÜÊNCIA DE MISTURA NASPROPRIEDADES REOLÓGICAS DE ARGAMASSAS AVALIADA POR SQUEEZE-FLOW**. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, Florianópolis. Anais [...] . Florianópolis: Sbta, 2005. p. 121-143.

[12] CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. **Squeeze-flow aplicado a argamassas de revestimento: Manual de utilização**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, v. 1, p. 1-31, 2010

[13] VAZ, F. H. B.; CARASEK, H. **Resistência de aderência de revestimentos de argamassa - contribuição por meio de mapeamento e revisão sistemática de literatura para futuras pesquisas no tema.** Cerâmica 65, 2019.

[14] STOLZ, C. M. **Análise dos principais parâmetros que influenciam na área de contato substrato/argamassa de revestimento**. 2015. 204 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós - Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015

[15] CARDOSO, F. A.; JOÃO, V. M.; PILEGGI, R. G. **Characterisation Ofrendering Mortars by Squeese-Flow and Rotacional e rheometry**. Cement and Concrete Research, v. 57, p. 79-87, 2014.

[16] SOUZA, Rui Barbosa de. **Estudo da retração em fibrocimento reforçado com fibra polimérica**. 2014. 244 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.