

COMPORTAMENTO NO ESTADO FRESCO DE ARGAMASSAS COLANTES INCORPORADAS COM RESÍDUO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Data de submissão: 18/02/2025

Data de aceite: 05/03/2025

Marilucia dos Santos Silva

Laboratório de Engenharia Civil (LECIV),
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)
Campos dos Goytacazes – RJ

Niander Aguiar Cerqueira

Laboratório de Engenharia Civil (LECIV),
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)
Campos dos Goytacazes – RJ

Jonas Alexandre

Laboratório de Engenharia Civil (LECIV),
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)
Campos dos Goytacazes – RJ

Mayara Silva de Almeida

Laboratório de Engenharia Civil (LECIV),
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)
Campos dos Goytacazes – RJ

Euzébio Bernabé Zanelato

Instituto Federal Fluminense (IFF)
Campos dos Goytacazes, RJ

RESUMO: Argamassas colantes, compostas por cimento Portland, agregado miúdo e aditivos, são utilizadas no assentamento

de revestimentos cerâmicos e pedras, classificadas como ACI, ACII ou ACIII. Este estudo analisou a viabilidade de produzir argamassas substituindo parcialmente o agregado miúdo por resíduos da indústria de rochas ornamentais da empresa Santa Alice Granitos (ES). As proporções de substituição testadas foram 0% (referência), 10%, 20% e 30%, usando traço 1:2. No estado fresco, o aumento de resíduo reduziu o teor de ar incorporado e aumentou a densidade. No estado endurecido, argamassas com maior substituição apresentaram melhor resistência à aderência à tração. A substituição de 30% destacou-se, alcançando 0,97 MPa de resistência à aderência com cura normal, atendendo à norma de 0,5 MPa e classificando-se como ACI ou ACII. Os resultados confirmam o potencial de reutilização de resíduos de rochas ornamentais em argamassas colantes.

PALAVRAS-CHAVE: Adhesive mortar; Fine aggregate; Waste.

ASBTRACT: Adhesive mortars, composed of Portland cement, fine aggregate, and additives, are used for installing ceramic tiles and stones, classified as ACI, ACII, or ACIII. This study analyzed the feasibility of

producing mortars by partially replacing the fine aggregate with waste from the ornamental stone industry, specifically from the Santa Alice Granitos company (ES). The substitution ratios tested were 0% (reference), 10%, 20%, and 30%, using a 1:2 mix ratio. In the fresh state, the increase in waste content reduced the air-entrained content and increased the density. In the hardened state, mortars with higher substitution rates demonstrated better tensile adhesion strength. The 30% substitution stood out, achieving 0.97 MPa of tensile adhesion strength under standard curing conditions, exceeding the required 0.5 MPa threshold and qualifying as ACI or ACII. The results confirm the potential for reusing ornamental stone waste in adhesive mortars.

KEYWORDS: Adhesive mortar; Fine aggregate; Waste.

1 | INTRODUÇÃO

As argamassas desempenham um papel fundamental na construção civil, sendo utilizadas para diversas finalidades, como revestimento de paredes e tetos, execução de contrapisos e assentamento de placas cerâmicas ou pedras de revestimento (Travincas *et al.*, 2023). Dentre elas, as argamassas colantes são compostas por aglomerantes hidráulicos, agregados minerais e aditivos, formando uma massa viscosa e aderente quando misturadas com água (Fiorito, 2010; Modler, Mahamad, Lubeck, 2021; ABNT NBR 14081, 2012). Sua aplicação é regulamentada pela NBR 14081-1 (ABNT, 2012), classificando-as em ACI, ACII e ACIII conforme suas características de aderência, tempo em aberto e deslizamento.

A incorporação de aditivos poliméricos melhora propriedades como retenção de água e resistência mecânica, reduzindo manutenções e aumentando a durabilidade das construções (Inceoglu *et al.*, 2021; Nicolini *et al.*, 2022). O crescimento da verticalização urbana impulsiona a demanda por argamassas colantes, especialmente para revestimentos cerâmicos em fachadas, valorizados pela estética e resistência. No entanto, variações climáticas e mecânicas podem causar patologias, como o desprendimento de placas, exigindo avanços tecnológicos no setor (Ribeiro *et al.*, 2023).

Nesse contexto, a pesquisa investigou a substituição parcial do agregado miúdo por resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais, visando alternativas sustentáveis e a redução do impacto ambiental desse setor. Foram analisadas propriedades no estado fresco (retenção de água, teor de ar incorporado, densidade de massa e deslizamento).

A metodologia incluiu a caracterização dos materiais, formulação das argamassas com diferentes teores de substituição e ensaios normativos para avaliar seu desempenho. O estudo destaca a viabilidade técnica e ambiental da incorporação de resíduos de rochas ornamentais na formulação de argamassas colantes, contribuindo para a sustentabilidade da construção civil e a valorização de resíduos industriais.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a realização desta revisão sistemática, investigou-se a viabilidade técnica e econômica da incorporação de resíduos de rochas ornamentais em argamassas colantes. Foram selecionados estudos publicados nos últimos 20 anos, em inglês, português ou espanhol, que abordassem esse tema e apresentassem dados experimentais, enquanto aqueles focados em outros tipos de resíduos ou sem abordagem experimental foram excluídos. As pesquisas foram conduzidas nas bases de dados Science Direct, Portal de Periódicos Capes, Scielo e Google Scholar, utilizando combinações de palavras-chave como “resíduos de rochas ornamentais”, “argamassas colantes”, “sustentabilidade” e “construção civil”.

2.1 Propriedades das argamassas

As argamassas, compostas por aglomerantes, agregado miúdo, água e, ocasionalmente, aditivos ou adições químicas e minerais (ABNT NBR 13281, 2005), possuem diversas funções na construção civil, como assentamento de alvenaria, revestimentos e regularização de pisos. Suas propriedades variam conforme a aplicação. Para argamassas de assentamento, destacam-se a trabalhabilidade, aderência, resistência mecânica e capacidade de absorver deformações. No caso de argamassas de revestimento, também são avaliadas a retração e a permeabilidade à água. Já nas argamassas colantes, as principais características são trabalhabilidade, aderência ao substrato e absorção de deformações (Carasek, 2010).

2.1.1 *Trabalhabilidade*

A trabalhabilidade é uma propriedade essencial das argamassas no estado fresco, influenciando sua mistura, transporte, aplicação, consolidação e acabamento de forma homogênea (Carasek, 2010). Ela está relacionada a características como retenção de água, tempo em aberto, deslizamento e adesão inicial, descritas na Tabela 1.

Propriedade	Definição
Retenção de água	Propriedade associada a capacidade da argamassa no estado fresco manter sua trabalhabilidade, quando sujeita a solicitações que provocam a perda de água.
Tempo em aberto	Período em que a argamassa é aplicada sob o substrato e o tempo em que ela perde a capacidade de proporcionar a aderência.
Deslizamento	Propriedade que determina o deslocamento da peça cerâmica após a sua aplicação sob o substrato.
Adesão inicial	Capacidade de união inicial da argamassa no estado fresco a uma base.

Tabela 1: Propriedades correlacionadas a trabalhabilidade das argamassas colantes (Adaptada de CARASEK, 2010).

A trabalhabilidade das argamassas, conforme Alonso *et al.* (2017), refere-se à capacidade de fluir e se adaptar às superfícies irregulares dos componentes de alvenaria, sendo fundamental para a produtividade e qualidade na aplicação. Apesar de sua aparente simplicidade, a trabalhabilidade da argamassa de cimento envolve uma ciência complexa, com dificuldades para caracterizar e medir essa propriedade de forma abrangente. Métodos observacionais e empíricos ainda prevalecem para avaliar a trabalhabilidade e o desenvolvimento de propriedades mecânicas (Justo-Reinoso *et al.* 2019).

2.1.2 Aderência

A aderência é uma característica fundamental para a durabilidade de revestimentos cerâmicos, definida pela NBR 13528 (ABNT, 2019) como a resistência às tensões normais e tangenciais na interface entre o revestimento e o substrato. Ela não depende apenas da argamassa colante, mas da interação entre todas as camadas do sistema.

Nos substratos porosos, o processo de aderência ocorre em etapas: adesão inicial pela sucção capilar, transporte de materiais para a interface, equilíbrio das umidades, e hidratação do cimento, formando uma ligação coesiva (Faiyas *et al.* 2019). Segundo Carasek (1996), esse fenômeno é mecânico, com a pasta de cimento entrando nos poros e formando hidróxidos e silicatos para ancoragem. No entanto, substratos muito porosos podem provocar hidratação insuficiente, enquanto substratos pouco porosos dificultam a penetração da pasta, ambos prejudicando a aderência (Pereira, Bauer, 2013; Zanelato, 2019).

Gado (2022) explica que, no processo de hidratação, silicatos e aluminatos reagem com a água, enquanto polímeros dispersos formam um filme de látex que reforça a microestrutura da argamassa, aumentando adesão, flexibilidade, e desempenho, mesmo sob diferentes condições climáticas.

2.1.3 Capacidade de absorver deformações

A capacidade de absorver deformações é essencial para a durabilidade de revestimentos cerâmicos, sendo diretamente influenciada pela retenção de água da argamassa. Essa retenção permite uma hidratação gradual do cimento, garantindo resistência e aderência adequadas. Perdas rápidas de água comprometem a aderência, deformabilidade e resistência mecânica.

De acordo com Azevedo *et al.* (2018), argamassas aplicadas em substratos de alta absorção devem ter alta retenção de água para evitar que o substrato absorva a água necessária à hidratação. Em substratos de baixa absorção, a retenção deve ser baixa para manter o transporte de água e assegurar a aderência.

A deformabilidade deve ser compatível com as tensões atuantes para preservar a funcionalidade, sendo influenciada por fatores como composição química, microestrutura

e defeitos do material. O módulo de elasticidade mede a relação entre tensão aplicada e deformação suportada: valores elevados indicam menor deformação e maior resistência a cargas sem danos permanentes.

2.1.4 Geração e caracterização dos resíduos de rochas ornamentais

O beneficiamento de rochas ornamentais, que inclui etapas como corte, polimento e acabamento, resulta na produção de grandes volumes de resíduos, principalmente na forma de lama abrasiva. Estudos indicam que esses resíduos são compostos predominantemente por sílica (SiO_2) e alumina (Al_2O_3), com presença de óxidos de ferro (Fe_2O_3) e cálcio (CaO), derivados do desgaste de equipamentos e uso de aditivos durante o processamento. A caracterização física desses resíduos revela uma granulometria fina, o que sugere seu potencial uso como material pozolânico ou fíler em matrizes cimentícias.

2.1.5 Aplicação dos Resíduos em Argamassas Colantes

Diversas pesquisas têm investigado a substituição parcial de componentes tradicionais das argamassas colantes por resíduos de rochas ornamentais:

- **Substituição da Areia por Resíduo:** Estudos como o de Calmon *et al.* (1997) avaliaram a substituição da areia por resíduo de granito em diferentes proporções. Os resultados indicaram que a incorporação do resíduo melhorou propriedades mecânicas, como resistência à compressão, atribuídos ao efeito fíler que reduz a porosidade da matriz cimentícia.
- **Substituição do Cimento por Resíduo:** Pesquisas como a de Corinaldesi *et al.* (2010) analisaram a substituição parcial do cimento por resíduo de mármore. Observou-se que teores de substituição de até 10% não comprometem significativamente a resistência à compressão das argamassas, além de melhorar a trabalhabilidade devido à finura do resíduo.

2.1.6 Propriedades no Estado

A incorporação de resíduos de rochas ornamentais afeta diversas propriedades das argamassas:

- **Estado Fresco:** A adição de resíduos pode influenciar a retenção de água, teor de ar incorporado e consistência das argamassas. Alguns estudos relataram redução na trabalhabilidade, atribuída à alta finura e área superficial dos resíduos, enquanto outros observaram melhora nessa propriedade devido ao efeito lubrificante das partículas finas.
- **Durabilidade e Comportamento a Longo Prazo**

A durabilidade das argamassas com resíduos incorporados é uma preocupação central. Estudos como o de Vardhan *et al.* (2015) avaliaram a resistência dessas argamassas a ciclos de molhagem e secagem, bem como a ataques químicos.

Os resultados indicaram que teores moderados de resíduo não comprometem a durabilidade, mas ressaltam a necessidade de pesquisas adicionais para avaliações a longo prazo.

- **Análise Econômica e Sustentabilidade**

A utilização de resíduos de rochas ornamentais em argamassas colantes apresenta vantagens econômicas, como a redução de custos associados à aquisição de matérias-primas e à disposição de resíduos. Além disso, promove a sustentabilidade ao diminuir a extração de recursos naturais e o impacto ambiental relacionado ao descarte inadequado dos resíduos.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais utilizados

O cimento Portland CP V-ARI foi selecionado por sua elevada resistência inicial, proporcionando melhor desempenho às argamassas.

O agregado miúdo utilizado foi areia natural e lavada, coletada no Rio Paraíba do Sul (Campos dos Goytacazes – RJ), com granulometria controlada conforme a ABNT NBR 7211:2009. Classificada como areia média pela NBR 17054 (2022b) foi peneirada em peneira #16 (1,18 mm).

O resíduo de rocha ornamental, proveniente do beneficiamento de granitos da empresa Santa Alice Granitos (Cachoeiro do Itapemirim – ES), foi seco, peneirado para ajuste granulométrico e caracterizado conforme a ABNT NBR 10004:2004, sendo incorporado ao estudo para avaliação de seu impacto nos resultados.

Aditivos químicos: Incorporadores de ar e modificadores de viscosidade, utilizados para controle das propriedades no estado fresco, seguindo as recomendações da ABNT NBR 11768:2019. Os aditivos químicos utilizados foram éter de celulose (HEC) e polivinil álcool (PVA), selecionados para aprimorar o desempenho das argamassas colantes tanto no estado fresco quanto endurecido.

A água utilizada foi potável, proveniente do sistema público de Campos dos Goytacazes – RJ, e atendeu à ABNT NBR 15900:2010, garantindo a hidratação do cimento e a trabalhabilidade da mistura.

Antes da preparação das argamassas, os materiais foram caracterizados para garantir sua adequação ao estudo. A granulometria foi determinada conforme a ABNT NBR 7211:2009 para a areia e a ABNT NBR 10004:2004 para o resíduo de rocha. A massa específica foi obtida por picnometria e a composição química foi avaliada por fluorescência de raios X (FRX) para identificar óxidos e impurezas. Os ensaios granulométricos e de espectrometria de raios X permitiram caracterizar as propriedades dos materiais.

As argamassas foram preparadas com traço fixo de 1:2 (cimento: agregado miúdo), substituindo parcialmente o agregado por resíduo de rocha ornamental (0%, 10%, 20% e 30% em massa). O processo incluiu secagem dos resíduos a 105°C por 24 horas, pesagem precisa dos materiais, mistura seca dos sólidos por 2 minutos, adição de água e mistura por 3 minutos, seguido de homogeneização até obter massa uniforme.

A escolha desse traço baseou-se em sua ampla aplicação na produção de argamassas colantes e foi embasada no estudo de Azevedo *et al.*, (2017).

A pesquisa avaliou os efeitos da substituição parcial da areia natural pelo resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais. As proporções de substituição em massa do agregado miúdo foram de 0% (referência), 10%, 20% e 30, conforme indicado na tabela 2.

Nomenclatura	Teor de substituição (%)	Relação água/cimento	Traço em massa (Cimento:Areia:Resíduo)
ACR	0	0,9	1:2:0
AC10	10	0,9	1:1,8:0,2
AC20	20	0,9	1:1,4:0,4
AC30	30	0,9	1:1,4:0,6

Tabela 2: Referência de traços utilizados.

Os ensaios realizados para avaliar as propriedades das argamassas nos estados fresco e endurecido seguiram as metodologias estabelecidas pelas normas da ABNT. no estado fresco, o ensaio de retenção de água (NBR 13277:2005) determinou a capacidade da argamassa de manter a água de amassamento contra a sucção do substrato. a densidade de massa foi determinada conforme a ABNT NBR 13278:2005, enquanto o teor de ar incorporado foi verificado com um medidor de ar, seguindo a metodologia padronizada. o ensaio de deslizamento (ABNT NBR 14081-4:2012) avaliou a mobilidade das placas cerâmicas aplicadas sobre a argamassa.

4 | RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio de Granulometria e Espectrometria de Raio x

A Figura 1 apresenta a curva granulométrica da areia.

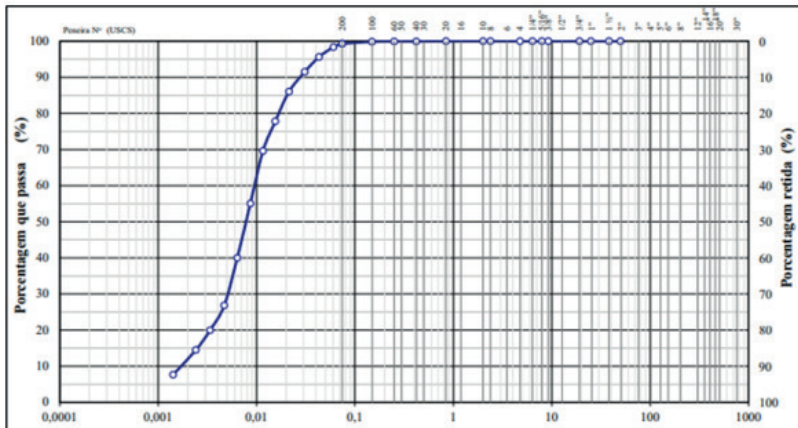


Figura 1: Curva granulométrica da areia.

Cerca de 67% da areia foi classificada como média, 15% como fina e 18% como grossa, características influenciadas pelo local e período de extração. A Figura 2 mostra a curva granulométrica do resíduo de rocha ornamental.

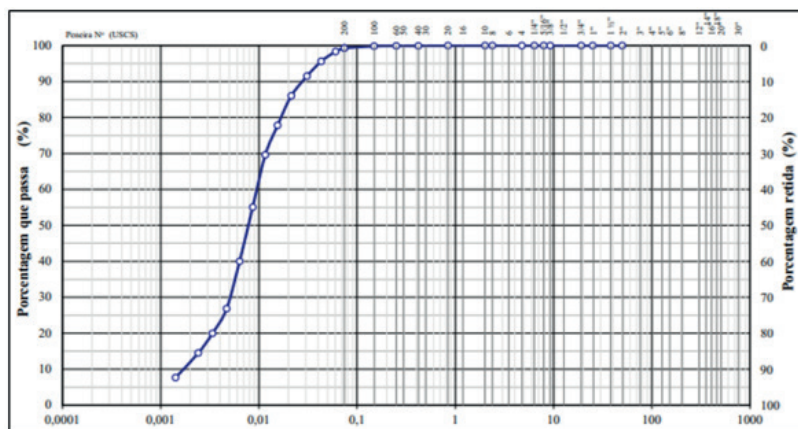


Figura 2: Curva granulométrica do resíduo proveniente do beneficiamento de rochas ornamentais.

O ensaio mostrou que 87% do material está na fração silte, 2% na fração areia fina e 10% na fração argila, resultados que corroboram estudos anteriores, como o de Gado (2022), indicando que resíduos de mármore são predominantemente silte (86%) e areia fina (14%).

O resíduo de rochas ornamentais foi submetido à análise química, sendo os resultados expressos em óxidos percentuais apresentados na Tabela 3.

Composto	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	TiO ₂	V ₂ O ₅	SrO	ZrO ₂
Composição em massa (%)	84,45	6,09	4,32	1,75	1,49	1,29	0,54	0,03	0,01	0,01

Tabela 3: Elementos na forma de óxidos presentes no resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais.

O material apresentou alto teor de dióxido de silício (84,45%), possivelmente originado de feldspatos, minerais micáceos (biotita e mica muscovita) e sílica livre presentes em rochas silicáticas.

4.1.1 Densidade de Massa e Teor de Ar Incorporado

Os ensaios de densidade de massa e teor de ar incorporado das argamassas colantes seguiram a NBR 13278 (ABNT, 2005), com os resultados de teor de ar incorporado apresentados na Figura 3.

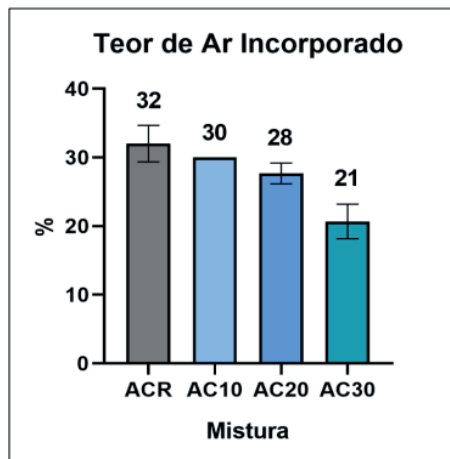


Figura 3: Resultados do ensaio de teor de ar incorporado.

Observou-se uma redução gradual no teor de ar incorporado com o aumento do resíduo de rochas ornamentais nas misturas. A ACR apresentou 32% de ar incorporado, enquanto as misturas AC20 e AC30 registraram 28% e 21%, respectivamente, comportamento atribuído ao maior percentual de finos. A AC30 destacou-se como a mistura com menor teor de ar incorporado. Os resultados da densidade de massa estão apresentados na Figura 4.

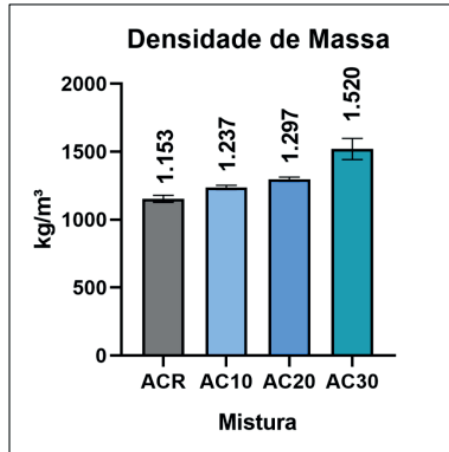


Figura 4: Resultados do ensaio de densidade de massa.

Os ensaios de densidade de massa mostraram um aumento gradual à medida que se incorporou resíduo de granulometria fina nas misturas, sendo a AC30 a mais densa (1.520 kg/m³) e com o menor teor de ar incorporado. A análise revelou que a adição de finos preenche os espaços vazios, aumentando a densidade de massa e reduzindo o ar incorporado, comportamento também observado em estudos de Kherraf et al. (2022). Esses autores destacaram que a substituição de areia natural por resíduos de mármore reduz o ar incorporado devido à capacidade plastificante do mármore. Assim, a incorporação de resíduos melhorou as propriedades das argamassas, especialmente no estado endurecido.

4.1.2 Retenção de Água

O ensaio de retenção de água foi realizado conforme a NBR 13277 (2016), e os resultados são apresentados na Figura 5.

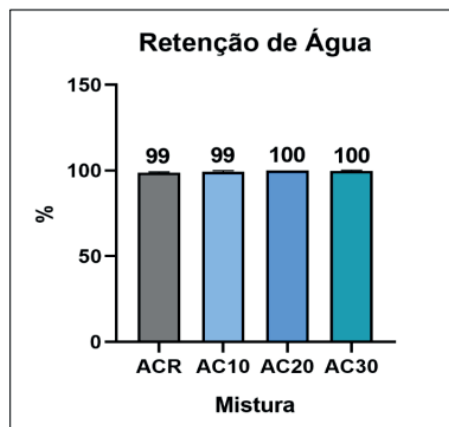


Figura 5: Resultado do ensaio de retenção de água.

Os resultados indicaram que a retenção de água nas argamassas não sofreu mudanças significativas. As misturas ACR e AC10 apresentaram os menores valores, enquanto AC20 e AC30 registraram leve aumento, tornando-se as que retêm mais água. Esse comportamento é atribuído à incorporação de finos, que aumenta a área superficial e favorece maior retenção de água. Estudos, como o de Botelho *et al.* (2023), destacam que partículas menores têm maior área específica, resultando em poros mais finos e maior absorção. Buyuksagis *et al.* (2017) também observaram aumento na retenção de água ao substituir dolomita por resíduo de rocha em argamassas, especialmente nas proporções de 20% e 40%. Os resultados obtidos corroboram o comportamento esperado para misturas com altos teores de resíduos finos, alinhando-se aos achados de Buyuksagis *et al.* (2017).

4.1.3 Deslizamento

O ensaio de deslizamento foi realizado seguindo os procedimentos indicados na NBR 14081-5 (ABNT, 2012). Os resultados obtidos na execução do ensaio estão indicados na Figura 6.

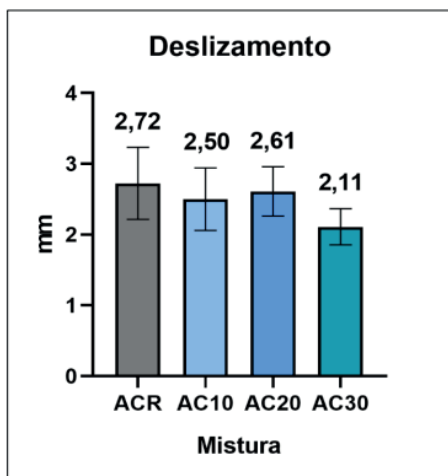


Figura 6: Resultado do ensaio de deslizamento.

Os resultados do ensaio de deslizamento mostraram que nenhuma argamassa atingiu o limite de 2 mm exigido pela NBR 14081-4 (2012). A AC30 apresentou o menor deslizamento (2,11 mm), próximo ao exigido pela norma, enquanto a ACR teve o maior (2,71 mm). A adição de resíduos reduziu significativamente o deslizamento, comportamento atribuído ao aumento da densidade devido ao preenchimento dos vazios.

Apesar do uso de HEC (hidróxetil celulose) em 2,5% da massa do cimento para melhorar a coesão, o aditivo não reduziu completamente o deslizamento, embora tenha beneficiado outras propriedades. Esses resultados são consistentes com a densidade de massa e o teor de ar incorporado observados.

Estudo de Gado (2022) mostrou que a adição de resíduos de mármore e granito entre 10% e 15% aumentou a resistência ao deslizamento, mas reduções ocorreram em maiores porcentagens devido ao aumento da água na mistura, impactando a flacidez do material em superfícies verticais.

4.1.4 Tempo aberto

O ensaio de tempo em aberto foi realizado conforme a NBR 14081-3 (ABNT, 2012), e os resultados estão apresentados na Figura 7.

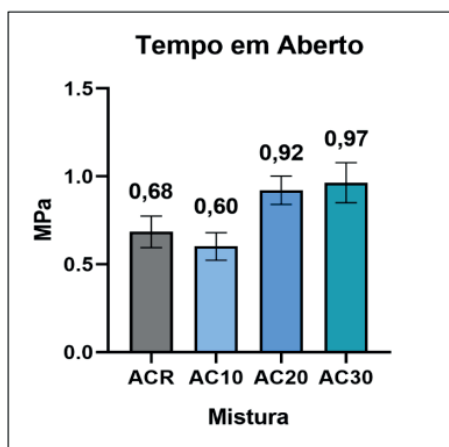


Figura 7: Resultados do ensaio de tempo em aberto.

O tempo em aberto das argamassas refere-se ao período em que o material permanece trabalhável para fixação dos revestimentos. Conforme a NBR 14081, esse tempo deve atender a uma resistência mínima de 0,5 MPa após 15 minutos em condições padrão. Os resultados do ensaio mostraram que as argamassas AC10, AC20 e AC30 apresentaram aumento significativo na resistência à aderência à tração em comparação com a ACR, destacando a influência dos resíduos de rochas ornamentais, especialmente na AC30, que apresentou o melhor desempenho.

Segundo Gado (2022), o tempo em aberto é afetado pelo tipo e pela dosagem de éter de celulose na mistura, influenciando a retenção de água e a resistência sob diferentes condições de aplicação. Embora Gado tenha observado que substituições acima de 10% não atingiram a resistência exigida, esta pesquisa apresentou resultados distintos, com ganhos significativos de resistência com maiores percentuais de resíduo.

Estudos de Gokhan *et al.* (2019) sobre pó de pedreiras também corroboram este comportamento, mostrando que o uso de partículas finas melhora tanto a reologia no estado fresco quanto a resistência no estado endurecido, evidenciando a eficácia da incorporação de resíduos em misturas de argamassas.

A incorporação de resíduos de rochas ornamentais em argamassas colantes mostra-se promissora, desde que sejam observados limites adequados de substituição e realizadas caracterizações detalhadas dos materiais. A variabilidade na composição química e física dos resíduos exige uma abordagem cautelosa, com adaptações nas formulações das argamassas para garantir o desempenho desejado. Além disso, é fundamental considerar aspectos regionais, como a disponibilidade dos resíduos e as normas técnicas locais.

5 | CONCLUSÃO

A presente pesquisa evidencia o potencial técnico e econômico da utilização de resíduos de rochas ornamentais em argamassas colantes. A substituição parcial de componentes tradicionais por esses resíduos pode melhorar propriedades mecânicas e contribuir para a sustentabilidade na construção civil.

A pesquisa avaliou a viabilidade do uso desses resíduos na produção de argamassas colantes, constatando que a substituição parcial da areia não comprometeu as propriedades analisadas, contribuindo para o aumento da resistência à aderência à tração. Os principais resultados indicam que o resíduo atuou adequadamente como agregado miúdo, reduziu gradualmente o teor de ar incorporado e diminuiu o deslizamento das argamassas. A substituição de 30% apresentou os melhores resultados, atingindo 2,11 mm de deslizamento, próximo ao exigido pela norma (2 mm). Apesar dos resultados promissores, futuras pesquisas devem aprofundar a análise da durabilidade e do comportamento a longo prazo dessas argamassas, além de avaliar os impactos ambientais associados ao ciclo de vida dos materiais produzidos.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas, norma Brasileira Regulamentadora. 14081-1: **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas**. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

---- NBR 13281: **Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos**. Rio de Janeiro, 2005.

---- NBR 13528: **Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração – parte 2: aderência ao substrato**. Rio de Janeiro, 2019.

---- NBR 16697: **Cimento Portland – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018.

---- NBR 17054: **Determinação da composição granulométrica – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2022.

---- NBR 13277: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da retenção de água**. Rio de Janeiro, 2005.

---- NBR 13278: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**: Rio de Janeiro, 2005.

---- NBR 14081-1: **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas**. Rio de Janeiro, 2012.

---- NBR 14081-4: **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – determinação a resistência de aderência à tração**: Rio de Janeiro, 2012.

---- NBR 14081-5: **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – parte 5: Determinação do deslizamento**. Rio de Janeiro, 2012.

---- NBR 7211:2009. **Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

---- NBR 10004:2004. **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

---- NBR 11768:2019. **Aditivos químicos para concreto de cimento Portland e argamassa – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2019.

---- NBR 15900:2010. **Água para amassamento do concreto**. Rio de Janeiro, 2010.

---- NBR 13277:2005. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação da retenção de água**. Rio de Janeiro, 2005.

---- NBR 13278:2005. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação do teor de ar incorporado e densidade de massa**. Rio de Janeiro, 2005.

---- NBR 14081-3:2012. **Argamassa colante industrializada – Parte 3: Determinação do tempo em aberto**. Rio de Janeiro, 2012.

---- NBR 14081-4:2012. **Argamassa colante industrializada – Parte 4: Determinação do deslizamento**. Rio de Janeiro, 2012.

Alonso, M. M., Gismera, S., Blanco, M. T., Lanzón, M., Puertas, F, (2017) **Alkaliactivated mortars: workability and rheological behavior**. Construction and Building Materials, v. 145, 576-587p. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.020>.

Azevedo, A. R. G.; Alexandre, J.; Marvila, M. T.; Zanelato, E. B.; (2017) **Influence of incorporation of glass waste on the rheological properties of adhesive mortar**. construction and Building Materials, 359-368p. 2017.04.208. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat>.

Azevedo, A. R. G., França, B. R., Alexandre, J., Marvila, M. T., Zanelato, E. B., Xavier, G. C, (2018) **Influence of sintering temperature of a ceramic substrate in mortar adhesion for civil construction**. Journal of Building Engineering, v.19, 342–348p. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.05.026>.

Botelho, L. C. G., Xavier, G. C., Paes, A. L. C., Azevedo, A. R. G. (2023) **Lime replacement by finely ground clay from the north fluminense region of rj in mortar for coating walls and ceilings**. Journal of Materials Research and Technology Open access, v. 23, 5105-5114p. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.02.058>.

Buyuksagis, I. S.; Uygunoglu, T.; Tatar, E. (2017) **Investigation on the usage of waste marble powder in cement-based adhesive mortar**. *Construction and Building Materials*. v. 154, 734-742p. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.014>.

CALMON, João Luiz; TRISTÃO, Fernando Avancini; LORDÉLLO, Fernando S. S.; DA SILVA, Sérgio A. C.; MATTOS, Flávio V. **Aproveitamento do resíduo de corte de granito para a produção de argamassas de assentamento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2., 1997, Salvador. Anais [...]. Salvador: ANTAC, 1997.

CORINALDESI, V.; MORICONI, G.; NAIK, T. R. **Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete**. *Construction and Building Materials*, v. 24, n. 1, p. 113-117, 2010. Doi <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.08.013>

Carasek, H. (1996) **Aderência de argamassas a base de cimento portland a substratos porosos – avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação**. tese (Doutorado em engenharia civil) – São Paulo – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 285p.

Carasek, H.; Argamassas. In: Isaia, G. C. (2010) **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. v.1. São Paulo: Ibracon, 2010. p. 893-943.

Faiyas, A. P. A.; Erich, S. J. F.; Huinink, H. P.; Adan, O.C.G, (2019) **Understanding the water absorption from mhec modified glue mortar into porous tile: influence of predrying**. *Construction and Building Materials*, v. 217, 363-371p. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.021>.

Fiorito, A. J. S. I. (2010) **manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. 2. ed. São Paulo: Pini, 232p.

Gado, R. (2022) **The feasibility of recycling marble & granite sludge in the polymer modified cementitious mortars part a: In polymer-modified cementitious adhesive mortar**. *Process safety and environmental protection*, v. 159, 978-991p. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.01.059>.

Inceoglu, F., Mermer, N. K., Kirmizi, V., Tombas, G. (2021). **Influence of cement with different calcium sulfate phases on cementitious tile adhesive mortars: microstructure and performance aspects**. *Journal Internacional de Adesão e Adesivos*. v. 104, 102744p. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2020.102744>.

Jo, Y.K., (2020). **Adhesion in tension of polymer cement mortar by curing conditions using polymer dispersions as cement modifier**. *Construction and Building Materials*.v. 242. 118134p. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118134>.

Justo-Reinoso, I., Caicedo-Ramirez, A., Srubar, W. V., Hernandez, M. T. (2019) **Fine aggregate substitution with acidified granular activated carbon influences freshstate and mechanical properties of ordinary portland cement mortars**. *Construction and Building Materials*. v. 207, 59-69p. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.063>.

Kherraf, L., Hebhouh, H., Abdelouahed, A., Boughamssa, W. (2022) **Comparative study on the performance of sand-based mortars from marble, floor tile and cinder block waste**. *Journal of Building Engineering*, v. 45, 103433p. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103433>.

Li, L., Liu, K., Chen, B., Wang, R. (2022) **Effect of cyclic curing conditions on the tensile bond strength between the polymer modified mortar and the tile**. *Case Studies in Construction Materials*, v. 17, 01531p. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01531>.

Modler, L. E. A., Mahamad, G., Lubeck, A. (2021). **Hardening process of polymeric adhesive mortars: approach by phase angle analysis from oscillatory rheometry.** Construction and Building Materials, v. 271, 121521p. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121521>.

Nicolini, A., Rodrigues, A. V., Braguança, S. R., Jacobi, M. M. (2022) **Evaluation of latex polymeric mortar properties for laying bricks in non-structural masonry.** Journal of Building Engineering, v. 59, 105080p. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105080>.

Pereira, C., Bauer, E, (2013) **Avaliação da perda de água de argamassas de revestimento por evaporação e por absorção do substrato.** in: simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas. 10, Anais. Fortaleza, SBTA.

Ribeiro, R. P., Sichieri, E. P., Alves, D. T., Xavier, G. C., Azevedo, A. G., Monteiro, S. N. (2023) **Adherence of brazilian dimension stones by mortar adhesion: influence of temperature.** Journal of Materials Research and Technology. v.24, 8547- 8557p. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.05.042>.

Travincas, R., Torres, I., Flores-Colen, I., Francisco, M., Bellei. (2023) **The influence of the substrate type on the performance of an industrial cement mortar for general use.** journal of building engineering, v. 73, 106784p. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.106784>.

Zanelato, E. B. (2019) **Influência da superfície da superfície dos blocos cerâmicos na aderência de argamassas e proposta de uma nova morfologia de ancoragem.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 6-16p.