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

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE ARGAMASSAS COM ADITIVO CRISTALIZANTE

Evaluation of the behavior of mortars with crystalizing admixture

GILMAR SARAMENTO JUNIOR[1], STEFANE HANNA DOMINGOS SILVA[2], GABRIEL LUIZ BERGAMO[3], EDUARDA ALESSANDRA DOS SANTOS SCALCO[4], JULIANA MACHADO CASALI[5], LUCIANA MALTEZ CALÇADA[6]

[1]Acadêmico de Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) , gilmar.j13@aluno.ifsc.edu.br
[2]Acadêmica de Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), stefane.s25@aluno.ifsc.edu.br
[3] Acadêmico de Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), gabriel.lb2004@aluno.ifsc.edu.br
[4]Acadêmica de Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), eduarda.as@aluno.ifsc.edu.br
[5]Profª Dra., Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), juliana.casali@fsc.edu.br
[6]Profª Titular, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), lucianamaltez@ifsc.edu.br

RESUMO

O estudo analisa o impacto do aditivo cristalizante nas propriedades físico-mecânicas em argamassas com traços 1:3 e 1:6 com e sem aditivo cristalizante. Foram avaliados: índice de consistência, teor de ar, propriedades reológicas por *squeeze flow*, velocidade de propagação de ultrassom nas idades de 7, 14, 28 e 63 dias, resistências à tração na flexão e à compressão aos 28 e 63 dias, além da absorção de água aos 63 dias. Os resultados demonstram variações significativas nas propriedades das argamassas, indicando possível contribuição do aditivo para o aumento da estanqueidade e durabilidade.

Palavras-chave: Aditivo cristalizante. Argamassa, Durabilidade. Propriedades físico-mecânicas.

ABSTRACT

The study analyzes the impact of a crystallizing admixture on the physico-mechanical properties of mortars with mix ratios of 1:3 and 1:6, both with and without the admixture. The evaluated properties include consistency index, air content, rheological behavior through squeeze flow, and ultrasonic pulse velocity at 7, 14, 28, and 63 days. Additionally, flexural and compressive strength were assessed at 28 and 63 days, along with water absorption at 63 days. The results show significant variations in the mortar properties, suggesting a potential contribution of the admixture to increase tightness and durability.

Key-words: Crystallizing admixture. Mortar. Durability. Physical-mechanical properties.

Como citar:
SARAMENTO JUNIOR, G., SILVA, S. H. D., BERGAMO, G. L., SCALCO, E. A. S., CASALI, J. M., CALÇADA, L. M. Avaliação do comportamento de argamassas com aditivo cristalizante. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a durabilidade e a vida útil das edificações têm sido temas amplamente discutidos no meio técnico, destacando-se como aspectos essenciais para garantir a segurança, a sustentabilidade e a otimização dos processos construtivos. Esses elementos são indispensáveis para a realização de obras que atendam às demandas e exigências do mundo contemporâneo. Nesse contexto, fundamentalmente, em fachadas de edificações, torna-se essencial a adoção de sistemas de revestimento eficientes, capazes de atuar como envoltórias protetivas, que proporcionem aos sistemas construtivos condições adequadas de salubridade, durabilidade, estanqueidade, funcionalidade e conforto para os usuários ao longo de sua vida útil [1].

Sendo assim, mesmo as argamassas à base de cimento que são executadas e utilizadas adequadamente, estão sujeitas ao desenvolvimento de patologias, que são apresentadas por manifestações externas. Algumas das manifestações patológicas registradas em materiais cimentícios são eflorescências, fissuras e manchas. Já a formação de fissuras pode afetar a estanqueidade e provocar vazamentos, um requisito crítico de manutenção para muitas estruturas. As fissuras podem, ainda, promover a aceleração de mecanismos de deterioração, afetando, desta forma, a durabilidade, a longo prazo, das estruturas [2].

Dessa maneira, em algumas obras, têm sido empregados, como solução técnica, sistemas de impermeabilização com capacidade de penetrar e bloquear os poros, reagindo quimicamente com a pasta. Entre esses sistemas destaca-se a aplicação de aditivos impermeabilizantes de efeito cristalizante como uma possível solução. O aditivo utilizado é descrito pelo fabricante com um impermeabilizante por cristalização integral, composto por cimento Portland, compostos químicos ativos e rastreador químico, ele reage com a umidade e produtos da hidratação do cimento, formando cristais insolúveis que selam permanentemente os poros do concreto, impedindo a penetração de água e outros líquidos, além disso, protege a argamassa contra a deterioração por agentes agressivos da atmosfera [3]. Os aditivos cristalizantes são materiais hidrofílicos o que faz com que reajam facilmente com água [4]. Quando a reação de cristalização ocorre, são formados depósitos insolúveis que ocasionam a vedação dos poros e fissuras, devido ao aumento de densidade do silicato de cálcio hidratado (C-S-H) que também promove um aumento da resistência à penetração de água, essa aumento na densidade ocorre devido à precipitação de cristais formados pelos aditivos cristalizantes, que preenchem os poros e fissuras da matriz, tornando a estrutura mais compacta. Para a formação dos depósitos cristalinos, outro componente da matriz, o silicato tricálcico (C_3S), reage principalmente com a água durante a hidratação do cimento, tornando-se parte integrante da matriz do material cimentício [2]. Assim, o aditivo cristalizante passa a ser considerado um material autocicatrizante, pois é capaz de reparar pequenos danos ou fissuras de materiais cimentícios.

Este estudo teve como objetivo analisar o comportamento físico-mecânico de argamassas com traços 1:3 e 1:6, mantendo uma consistência de referência, com a adição do aditivo cristalizante em proporção à massa de cimento na mistura, submetidas à cura imersa. Com isso, foram determinadas propriedades das argamassas no estado fresco e no estado endurecido, avaliando os efeitos do aditivo cristalizante sobre a argamassa.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os principais materiais utilizados na produção das argamassas foram cimento Portland CP II Z 40, conforme as especificações da NBR 16697 [5] e suas características são apresentadas na Tabela 1; agregado miúdo natural silicoso, conforme os requisitos da NBR 7211 [6] e suas características são apresentadas na Tabela 2 e um aditivo cristalizante. O aditivo cristalizante foi utilizado no teor indicado pelo fabricante, para argamassa, de 2% em relação à massa de cimento, cujas características são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 1 – Características do cimento Portland utilizado.

Item de Controle	CP II Z 40
Propriedades Químicas	
SiO2	21,50
Al2O3	5,98
Fe2O3	2,133
CaO	54,36
K2O	1,23
Na2O	0,24
Cl	0,80
MgO (%)	5,31
SO3 (%)	5,08
TiO2 (%)	0,18
Resíduo Insolúvel (%)*	10,14
Perda ao fogo (%)	2,78
Propriedades Físicas	
Conteúdo retido #200 (malha) (%) *	0,05
Conteúdo retido #325 (malha) (%) *	0,53
Conteúdo de água normal consistente (%) *	29,85
Tempo de início de pega (minutos) *	213
Tempo de fim de pega (minutos) *	262
Expansão a quente (mm) *	0,0
Resistência à compressão ao 1 dia (MPa) *	19,8
Resistência à compressão aos 3 dias (MPa) *	33,8
Resistência à compressão aos 7 dias (MPa) *	38,0
Resistência à compressão aos 28 dias (MPa) *	45,2
Superfície Específica – Blaine (cm^2/g) *	4544,0
Massa específica (g/cm^3)	3,01

*Dados fornecidos pelo fabricante

Fonte: Fabricante do cimento Portland e os autores (2025).

Tabela 2 - Características do agregado utilizado.

Item de Controle	Areia Fina
Abertura das malhas (mm)	Porcentagem Retida Acumulada (%)
0,6	0,00
0,3	4,58
0,15	95,92
FUNDO	100
Módulo de Finura	1,01
Massa específica (g/cm³)	2,65
Material pulverulento (%)	0,33

Fonte: Os autores (2025).

Tabela 3 - Características do aditivo cristalizante.

Características	
Aspecto	Sólido em pó
Cor	Cinza
pH	Alcalino
Dosagem indicada (%da massa de cimento)	2,0%

Fonte: Os autores (2025).

Foram preparados dois traços distintos de argamassa (1:3 e 1:6 em massa, cimento: areia), para misturas com e sem aditivo cristalizante. O índice de consistência, medido de acordo com a NBR 13276 [7], foi ajustado para 250 mm ± 10 mm para as argamassas sem aditivo e a quantidade de água obtida foi replicada para o mesmo traço com aditivo. A mistura foi realizada mecanicamente com o uso de uma argamassadeira, garantindo a uniformidade e a homogeneidade das formulações. Primeiramente foram misturados os materiais secos (cimento, areia e aditivo cristalizante) na velocidade lenta por 30 segundos após os quais era adicionada a água e a mistura por mais 30 segundos em velocidade lenta seguida de mais 30 segundos na velocidade rápida.

As propriedades determinadas no estado fresco foram: índice de consistência obtido conforme NBR 13276 [7]; densidade de massa aparente e teor de ar incorporado, determinados conforme a NBR 13278 [8] e parâmetros reológicos por meio do *Squeeze-flow Test* com base na NBR 15839 [9].

Logo após a mistura foram confeccionados corpos de prova prismáticos com dimensões de 40 x 40 x 160 mm, conforme descrito na NBR 5738 [10] na quantidade de 6 para cada argamassa, totalizando 24 corpos de prova sendo 12 corpos de prova para o traço 1:3 (6 com aditivo e 6 sem aditivo) e 12 corpos de prova para o traço 1:6 (6 com aditivo e 6 sem aditivo). Após a moldagem, considerando as recomendações de Silva [11] para monitoramento do efeito de aditivo cristalizante, os corpos de prova foram submetidos à cura imersa em uma solução de água saturada de cal, mantida a 23 ± 2 °C, conforme especificado pela NBR 5738[10] até o momento da realização dos ensaios no estado endurecido.

Para a observação do efeito do aditivo cristalizante com o tempo, foram realizadas determinações da velocidade de propagação de pulso ultrassônico nas idades de 7, 14, 28 e 63 dias. As determinações foram feitas ao longo do comprimento dos corpos de prova

saturados. Foram realizadas medidas nos seis corpos de prova até a idade de 28 dias e em três corpos de prova aos 63 dias. Após os períodos de cura de 28 e 63 dias, três corpos de prova de cada traço foram submetidos aos ensaios de Resistência à tração na flexão e Resistência à compressão, conforme preconização da NBR 13279 [12].

Ainda, os corpos de prova, com idade de 63 dias, foram secos em estufa a 105 ± 5 °C até a massa constante para determinação da absorção de água por imersão, conforme a NBR 9778[13]. Este ensaio teve como objetivo avaliar a eficiência do aditivo cristalizante na redução da porosidade e permeabilidade da argamassa.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na Tabela 4, são apresentados os resultados de índice de consistência, densidade de massa e teor de ar incorporado das argamassas.

Tabela 4 - Índice de consistência, densidade de massa e teor de ar das argamassas.

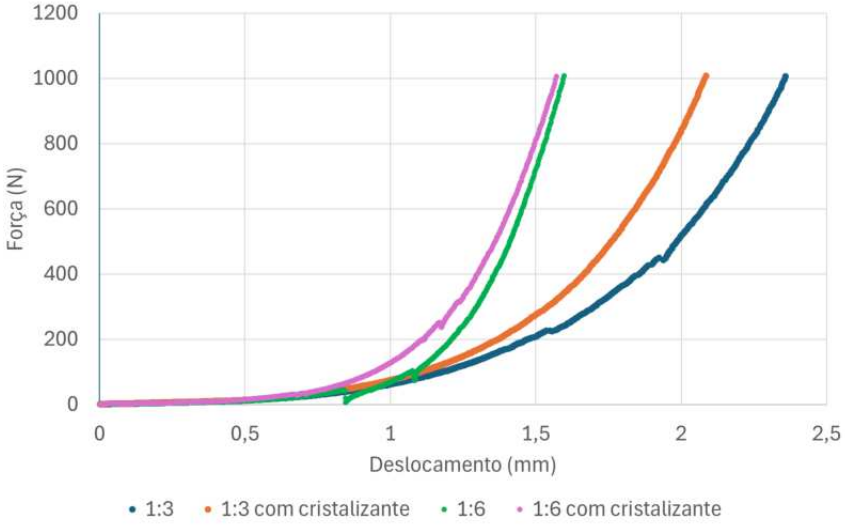
Traço	Relação água/cimento	índice de consistência (mm)	Densidade de massa (kg/dm³)	Teor de ar incorporado (%)
1:3	0,63	240	2,136	3,48
1:3 P	0,63	244	2,143	3,16
1:6	1,30	250	2,073	2,63
1:6 P	1,30	225	2,033	4,51

Fonte: Os autores (2025).

Com relação ao índice de consistência (Tabela 4), para o traço 1:3, os valores apresentaram-se muito próximos para as argamassas com e sem aditivo cristalizante. No entanto, para o traço 1:6 observou-se redução do índice de consistência da argamassa quando empregado aditivo cristalizante. De forma análoga, as densidades de massa das argamassas com traço 1:3 com e sem aditivo cristalizante apresentaram diferença insignificante, enquanto a argamassa de traço 1:6 com o aditivo resultou em menor densidade de massa que a de mesmo traço sem o produto. Para ambos os traços o teor de ar incorporado diferiu entre as argamassas com e sem aditivo cristalizante. Para o caso do traço 1:3 houve redução do teor de ar, enquanto no traço 1:6 houve aumento quando do emprego do cristalizante. Vale ressaltar que a influência do cristalizante sobre o teor de ar foi mais significativa para o traço 1:6, o que pode ser resultado de maior dificuldade de compactação causada por sua maior consistência, isto é, menor índice de consistência, conforme observado na Tabela 4.

Na Figura 1 pode-se observar as curvas força *versus* deslocamento, obtidas nos ensaios de *Squeeze flow*, para todas as argamassas. Observa-se que as argamassas de traço 1:3 apresentaram deslocamentos maiores que as de traço 1:6. Em ambos os traços se percebe que, para mesma força, os deslocamentos para as argamassas com aditivo cristalizante são menores. Esta constatação indica que a presença do aditivo tornou as argamassas mais rígidas, sendo este efeito mais pronunciado no traço 1:3, provavelmente devido à maior influência das partículas finas de aditivo que, possivelmente, promoveram o travamento do sistema.

Figura 1 - Curvas força *versus* deslocamento obtidas no ensaio de *Squeeze flow*.



Fonte: Os autores (2025).

Os resultados de módulo de elasticidade dinâmica, resistência à tração na flexão e resistência à compressão para as idades de 28 e 63 dias são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Propriedades no estado endurecido.

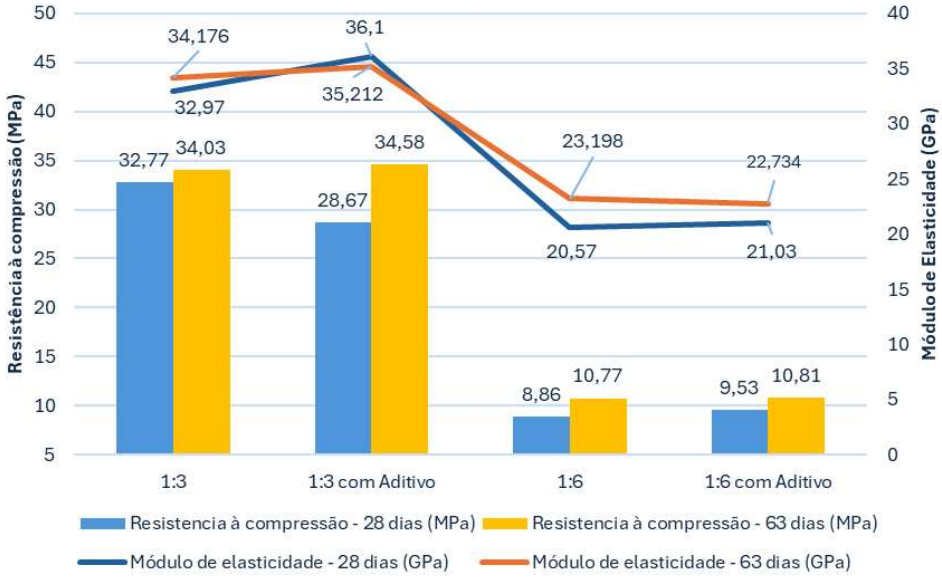
Traço	Idade (dias)	Módulo de Elasticidade Dinâmico (GPa)		Resistência à tração na flexão (MPa)		Resistência à compressão (MPa)	
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
1:3	28	32,97	1,41	5,57	0,42	32,77	2,05
	63	34,18	0,72	6,70	0,91	34,03	5,38
1:3 com cristalizante	28	36,10	0,51	3,95	0,19	28,67	0,76
	63	35,21	0,18	5,71	0,55	34,58	1,14
1:6	28	20,57	0,63	2,55	0,24	8,86	0,57
	63	23,20	1,16	2,85	0,08	10,77	0,33
1:6 com cristalizante	28	21,03	0,74	2,63	0,21	9,53	0,30
	63	22,73	0,80	3,08	0,24	10,81	0,27

Fonte: Os autores (2025).

Observa-se na Tabela 5 que as tendências de aumento e redução das propriedades mecânicas estudadas obedece a mesma tendência de acordo com o traço da argamassa. Como esperado, os resultados são superiores para o traço 1:3, já que sua relação água/cimento é mais baixa e a relação cimento/agregado é superior comparado ao traço 1:6. Como esse traço contém mais cimento, a argamassa torna-se mais rica e, consequentemente, mais resistente. Houve aumento dos valores de cada uma das propriedades com o aumento da idade da argamassa, com exceção do módulo de elasticidade da argamassa de traço 1:3 com aditivo que apresentou comportamento inverso, porém com resultados muito próximos.

Na Figura 2 apresenta-se as informações relativas à resistência à compressão e módulo de elasticidade dinâmica para todas as argamassas nas duas idades de avaliação.

Figura 2 - Resistência à compressão e módulo de elasticidade dinâmico para as argamassas estudadas.



Fonte: Os autores (2025).

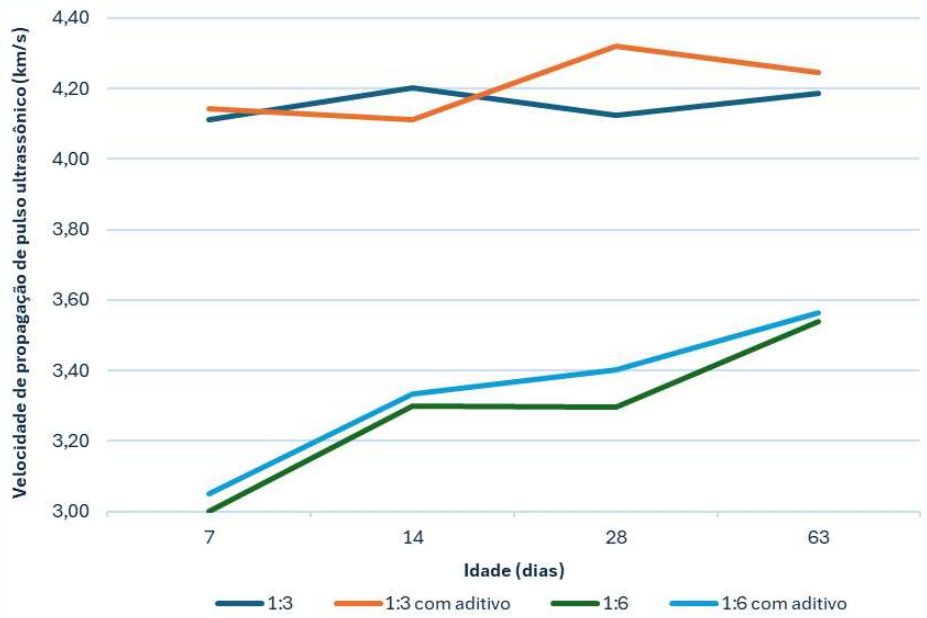
Observa-se, na Figura 2 que para o traço 1:3, aos 28 dias de idade, houve a redução da resistência à compressão quanto ao emprego do aditivo cristalizante. No entanto, os resultados indicam que o aumento de resistência de 28 para 63 dias foi mais significativo para a argamassa com o aditivo cristalizante. Este comportamento não foi reproduzido quando da análise do módulo de elasticidade dinâmica para o traço 1:3, já que a argamassa com aditivo apresentou valores superiores independente da idade de ensaio. Já para o traço 1:6, comparando-se resultados de mesma idade, a argamassa contendo o aditivo cristalizante apresentou valores superiores, tanto de resistência à compressão quanto de módulo de elasticidade dinâmico e o aumento de valores com a idade foi mais discreto para a argamassa contendo o aditivo.

Os resultados apresentados são consistentes com as expectativas teóricas sobre a eficácia dos aditivos cristalizantes em argamassas de revestimento. Embora a resistência à compressão não tenha mostrado grande aumento inicial, houve uma melhoria significativa entre 28 e 63 dias, refletindo o processo contínuo de cristalização e densificação da matriz. O aumento do módulo de elasticidade dinâmica, independentemente da idade de ensaio, também corrobora a teoria, pois os cristais formados na argamassa aumentam sua rigidez e resistência a deformações. O aditivo se mostrou mais eficiente no traço 1:6, com melhorias tanto na resistência quanto na rigidez, embora o impacto tenha sido mais discreto devido à menor proporção de cimento. Esses resultados indicam que o aditivo melhora a durabilidade e o desempenho da argamassa a longo prazo.

Na Figura 3 pode-se observar a evolução da velocidade de propagação do pulso ultrassônico com a idade da argamassa. Como esperado, os valores das argamassas com traço 1:6, que têm maior relação água/cimento são inferiores aos das argamassas com traço 1:3. Para todas as argamassas, há tendência de aumento da velocidade de propagação de pulso ultrassônico

com a idade, sugerindo uma estrutura mais compacta como resultado da densificação da matriz por conta da hidratação do cimento. Ainda, observa-se que, para ambos os traços, os resultados para as argamassas contendo o aditivo cristalizante apresentaram-se superiores, sendo a única exceção o traço 1:3 aos 14 dias de idade. Vale lembrar que os corpos de prova permaneceram imersos em água durante todo o período, o que em princípio favorece à atuação do aditivo cristalizante, porém, tomando-se por base o traço 1:6, que era o mais poroso, o ganho de velocidade de pulso ultrassônico com o tempo foi equivalente para argamassas com e sem aditivo. Para o traço 1:3, os resultados não permitiram a identificação de tendência clara de aumento de velocidade de ultrassom, já que, em algumas situações, tanto para a argamassa com aditivo quanto para a sem aditivo, houve, em determinadas idades, redução dessa propriedade em relação à idade anterior.

Figura 3 - Velocidade de propagação de pulso ultrassônico *versus* o tempo.



Fonte: Os autores (2025).

Na Tabela 6 apresentam-se os resultados de absorção aos 63 dias de idade. Nota-se que para o traço 1:6, com maior relação água/ cimento, portanto mais poroso, os valores foram superiores. Observa-se ainda, que para o mesmo traço, a absorção de água foi inferior para as argamassas contendo o aditivo, o que concorda com os resultados de velocidade de propagação de pulso ultrassônico e evidencia a atuação do aditivo cristalizante na redução da porosidade interna e consequente vedação de vazios.

Tabela 6 - Absorção de água das argamassas aos 63 dias.

Traço	Absorção de água (%)	
	Média	Desvio padrão
1:3	11,2336	0,1232
1:3 com aditivo	11,1065	0,0629
1:6	13,0659	0,2205
1:6 com aditivo	12,7338	0,0578

Fonte: Os autores (2025).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste estudo pode-se observar os impactos da utilização de aditivo cristalizante incorporado à mistura nas propriedades de argamassas de diferentes traços. Embora a análise tenha sido feita com base no traço (nomenclatura utilizada para identificação das diferentes misturas), há que se ressaltar a importância da porosidade da matriz cimentícia sobre os efeitos e influência do aditivo cristalizante nas propriedades das argamassas estudadas.

Em relação à consistência e densidade de massa, verificou-se que o efeito do aditivo foi distinto no traço 1:6, resultando em uma menor trabalhabilidade e densidade. Já o teor de ar incorporado também foi alterado pela presença do aditivo, com redução no traço 1:3 P e aumento no traço 1:6 P, o que leva a crer que houve uma dificuldade de compactação da mistura fazendo com que os resultados esperados não fossem evidenciados nesse traço. Vale ressaltar que as relações água/cimento eram diferentes para os dois traços, sendo menor no traço 1:3 que, portanto, era menos poroso.

A caracterização reológica obtida pelo *Squeeze flow* indicaram que a rigidez das argamassas aumentou com o uso do aditivo, especialmente no traço 1:3, conforme observado nas curvas "força *versus* deslocamento".

No que se refere às propriedades mecânicas ao longo do tempo, a resistência à compressão e o módulo de elasticidade dinâmico apresentaram tendências distintas para cada traço, com os resultados superiores para o traço 1:3. Enquanto no traço 1:3 a resistência à compressão foi inicialmente reduzida com o aditivo, o ganho de resistência entre 28 e 63 dias foi mais significativo. Já para o traço 1:6, a presença do aditivo resultou em valores superiores de resistência à compressão e módulo de elasticidade dinâmica em todas as idades avaliadas.

A evolução da velocidade de propagação do pulso ultrassônico reforçou a influência do aditivo cristalizante na melhoria da compacidade da matriz cimentícia, especialmente para o traço 1:6. Além disso, a redução da absorção de água neste traço sugere que o aditivo contribuiu para a diminuição da porosidade e maior eficiência na vedação de vazios.

Os resultados obtidos evidenciam a contribuição significativa do aditivo cristalizante para a melhoria das propriedades das argamassas. O emprego do aditivo apresentou-se eficaz na redução de vazios, corroborando com estudos anteriores. Os dados reforçam o potencial do aditivo cristalizante como solução técnica eficiente para o aumento da durabilidade e

impermeabilidade das argamassas de revestimento. Além disso, os resultados obtidos oferecem subsídios técnicos importantes para a aplicação prática desses aditivos em contextos que demandam alta estanqueidade, como fachadas e revestimentos em áreas molhadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às instituições que forneceram os materiais utilizados neste trabalho e ao Instituto Federal de Santa Catarina pela viabilização da infraestrutura do Laboratório de Materiais de Construção Civil, do Campus Florianópolis.

REFERÊNCIAS

[1] JANTSCH, Ana Cláudia Akele; MOHAMAD, Gihad; SCHMIDT, Raquel Petry Brondani; ANTONIAZZI, Juliana Pippi; LÜBECK, André. **Avaliação do comportamento de revestimentos em argamassas estabilizadas submetidas a tratamento superficial com aditivos cristalizantes**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 20/08/2020. 19 p. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ac/a/wBkzTkGDzngNsQFZkwTKzQJ/?lang=pt&format=pdf. Acesso em: 09 jan. 2025.

[2] FERREIRA, Matheus Fonseca; PINHEIRO, Samantha Coelho. **ANÁLISE DO DESEMPENHO MECÂNICO COM ADITIVO CRISTALIZANTE APÓS O SELF-SEALING E SELF-HEALING NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE ARGAMASSAS**. Manaus: Instituto Federal do Amazonas, 2017. 12 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Matheus-Ferreira-24/publication/331154445_ANALISE_DO_DESEMPENHO_MECANICO_COM_ADITIVO_CRISTALIZANTE_APOS_O_SELF-SEALING_E_SELF-HEALING_NA_RESISTENCIA_A_COMPRESSAO_DE_ARGAMASSAS/links/5c684531299bf1e3a5ad316c/ANALISE-DO-DESEMPENHO-MECANICO-COM-ADITIVO-CRISTALIZANTE-APOS-O-SELF-SEALING-E-SELF-HEALING-NA-RESISTENCIA-A-COMPRESSAO-DE-ARGAMASSAS.pdf. Acesso em: 09 jan. 2025.

[3] PENETRON (BRASIL). FTP – Ficha Técnica de Produto: **ADITIVO AUTOCICATRIZANTE PARA IMPERMEABILIZAÇÃO E PROTEÇÃO DO CONCRETO**. Lorena/SP, 19 out. 2023. Disponível em: https://penetron.com.br/produtos/penetron-admix/. Acesso em: 9 fev. 2025.

[4] ROIG-FLORES, Marta. *et al*. Effect of crystalline admixtures on the self-healing capability of early-age concrete studied by means of permeability and crack closing tests. **Construction and Building Materials**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/299683702_Effect_of_crystalline_admixtures_on_the_self-healing_capability_of_early-age_concrete_studied_by_means_of_permeability_and_crack_closing_tests. Acesso em: 09 jan. 2025.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Especificações para Cimento Portland. Rio de Janeiro, 2018.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2019.

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

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278**: Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

[9] 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.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

[11] SILVA, G. P., SOUZA, R. A. OLIVEIRA, L. M. Efeito de aditivos na durabilidade de argamassas em ambiente úmido. 12. ed. São Paulo: **Revista Brasileira de Materiais de Construção**, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344123456_Efeito_de_aditivos_na_durabilidade_de_argamassas_em_ambiente_umido. Acesso em: 20 jan. 2025.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2019.