



ANAIS DO 15º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

4 e 5 de junho de 2018 - São Paulo / SP

AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE DE ARGAMASSAS COM DIFERENTES ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES

JOFFILY, Irene de Azevedo Lima

Eng^a Civil, MSc
Virtus Soluções / UniCeub
Brasília/DF
irene@virtussolucoes.com.br

SANTANA, Bruna Vieira

Cursando Engenharia civil UniCeub
Brasília/DF
pf.bruna@hotmail.com

ALEIXO, Isabella Venâncio

Cursando Engenharia civil UniCeub
Brasília/DF
isabella_venancio_aleixo@hotmail.com

RESUMO

Existem vários aditivos que servem para impermeabilizar as argamassas, evitando o problema tão comum encontrando no Brasil, que é a umidade. Existe norma ABNT para esses aditivos (NBR 16072/12), porém questiona-se se todos os produtos atendem os requisitos mínimos. O objetivo deste estudo foi verificar a eficiência de três diferentes aditivos impermeabilizantes e uma argamassa impermeável pronta com relação à absorção por capilaridade e verificar se os produtos atendem a NBR 16072/12 que regulamenta os requisitos para argamassa impermeável. Para tanto, foram realizados ensaios de compressão, absorção de água por capilaridade, índice de vazios, massa específica e resistência, utilizando cinco argamassas, uma de referência, sem aditivo, outras três acrescidas de aditivos impermeabilizantes e uma última argamassa impermeável pronta. A ascensão capilar foi menor para a argamassa pronta (A) e um dos aditivos testados (C). As reduções das absorções por capilaridade das argamassas A e C foram de 28,6% e 26,4%, enquanto as duas com pior desempenho, aditivos B e D, a redução foi de apenas 5,5% e 6,6%, respectivamente. Por fim, infere-se com este estudo, que a argamassa pronta (A) teve a menor absorção de água por capilaridade, possivelmente devido à maior incorporação de ar, entretanto nenhuma das argamassas impermeabilizantes testadas atendeu aos requisitos da norma NBR 16072/12.

Palavra-Chave: Argamassa; Aditivo; Impermeabilidade; Capilaridade.

1. INTRODUÇÃO

Os revestimentos argamassados têm propriedades como aderência e enrijecimento de alvenarias, desempenhando funções distintas. Entretanto, possuem em comum a função de proteger e prolongar a durabilidade dos elementos estruturais e de vedação, evitando a ação direta dos agentes agressivos que atuam sobre as superfícies dos edifícios, como por exemplo: umidade, infiltração e temperatura ambiente.

Nessa pesquisa o foco está nas patologias associadas a água, elemento essencial para construção civil em diversas etapas construtivas, mas que nem sempre promove só benefícios. Segundo Leal (2004 apud DARDENGO, 2010) “as patologias mais ocorrentes em edificações brasileiras com mais de quatro anos de idade são decorrentes da deficiência nas impermeabilizações.

Os efeitos da umidade em alvenaria em contato com o solo são de difícil estudo e controle, pois a água que sobe no revestimento, vem da umidade natural do solo. Do ponto de vista físico, considera-se que há três mecanismos fundamentais de fixação de umidade: higroscópica, condensação e capilaridade. A capilaridade, o principal deles, ocorre quando um material poroso é posto em contato com água na fase líquida (PEIXOTO, et al., 2008).

Para controlar os efeitos da umidade, existem no mercado argamassas e aditivos hidrofugantes, que permitem tornar o revestimento argamassado impermeável. Os aditivos impermeabilizantes são repelentes à absorção capilar ou redutores da permeabilidade. Neste trabalho serão testados quatro produtos impermeabilizantes\ hidrofugantes disponíveis no mercado da construção civil para comparar a eficiência dos mesmos com relação à absorção por capilaridade, utilizando para isso as referências dos requisitos previstos na NBR 16072/12.

2. METODOLOGIA

Com o intuito de alcançar os objetivos propostos, foram elaboradas cinco argamassas de revestimento de cimento e areia, sendo uma de referência R (composta apenas por cimento, areia e água, sem a adição de um aditivo), uma argamassa anti-umidade pronta A (que só precisa adicionar água à mistura) e as outras três com adição de três diferentes aditivos (B, C e D).

Os materiais que foram utilizados na composição da argamassa foram: areia média lavada, água e cimento Portland CP-II-Z-32, sendo que durante todos os ensaios, o mesmo lote foi mantido a fim de padronizar os resultados obtidos.

Os aditivos utilizados na pesquisa foram escolhidos de tal forma que abrangesse alguns dos impermeabilizantes mais usados nas obras convencionais em Brasília e disponíveis nas lojas de materiais de construção. A partir disso, utilizou-se uma argamassa pronta anti-umidade, que foi nomeada de A e outros três aditivos nomeamos de B, C e D. Suas características estão demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características físico-químicas dos aditivos

	Aparência	Peso específico (g/cm ³)	pH	Ação
A	pó cinza	1,5 – 1,7	-	impermeabilizante*
B	líquido viscoso amarelo	1,0	8,5 -11,5	cristalizante
C	líquido branco	1,0	12	hidrofugante
D	líquido branco	0,98 - 1,12	10,7 - 11,1	hidrofugante

*não consta na ficha técnica

2.1 Ensaios com a argamassa no estado endurecido

As descrições dos ensaios realizados com a argamassa no estado endurecido estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 - Ensaio no estado endurecido

Estado	Descrição	Norma	Corpos de prova		Nº CP	Idade
Endurecido	Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica	NBR 9778	5x10 cm	cilíndricos	4	28
	Determinação da absorção de água por capilaridade	NBR 9779	5x10 cm	cilíndricos	4	28
	Determinação de absorção de água sob baixa pressão (Cachimbo)	-	5x10 cm	cilíndricos	3	28
	Determinação da resistência a tração na flexão e a compressão	NBR 13279	4x4x16 cm	prismáticos	3	28

Os corpos de prova cilíndricos e prismáticos foram confeccionados conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005), com a ajuda de um misturador mecânico, para o traço de 1:4,75 em massa. Para confecção das argamassas, primeiramente, colocou-se o cimento, em seguida o aditivo, já diluído na água com exceção da argamassa de referência, depois foi adicionando areia gradativamente.

Para moldagem dos corpos de prova cilíndricos utilizou-se o método manual que consiste na colocação da argamassa em quatro camadas de alturas aproximadamente iguais, recebendo 30 golpes uniformes, com o soquete, em cada camada. Por fim, os corpos de prova foram curados submersos em água saturada em cal, por um período de 28 dias, até o prazo para a realização dos ensaios.

A moldagem dos corpos de prova prismáticos ocorreu conforme NBR 13279 (ABNT, 2005), utilizou-se o adensamento mecânico, com auxílio da mesa de adensamento por queda, com disposição de 2 camadas de argamassa aproximadamente iguais, sendo que cada camada foi adensada com 30 golpes.

2.1.1 Ensaio de determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica

Este ensaio foi realizado conforme NBR 9778/05 (Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica), aos 28 dias, utilizando-se 4 corpos de prova cilíndricos (5x10 cm) para cada argamassa.

A absorção de água por imersão é o procedimento que faz com que a água tenda a se conduzir para os poros permeáveis de determinado corpo poroso com o intuito de preenchê-los. Já o índice de vazios corresponde à relação entre o volume de poros permeáveis e o volume total da amostra. A massa específica é a relação entre a massa seca do material e o volume total, incluindo todos os poros permeáveis e impermeáveis, e a massa específica real é a mesma relação excluindo os poros permeáveis.

Para realização do ensaio após os 28 dias de cura, primeiramente, os corpos de provas ficaram na estufa, aproximadamente a 105 °C, por um período de 72 h para registro de suas massas secas. Em seguida, para se obter a saturação as amostras foram imersas em água a uma temperatura de 23 °C e mantidas assim por mais 72 h. Logo após o período, os CP's foram levados à fervura gradual durante 5 h, terminada a etapa, determinou-se a massa com auxílio de balança hidrostática. Em seguida, retirou-se as amostras da água e aferiu-se novamente suas massas.

A absorção (A), em porcentagem, é calculada pela expressão (equação 1):

Equação 1:

$$A = \frac{m_{sat} - m_s}{m_s} \times 100$$

Onde:

m_{sat} é a massa da amostra saturada em água após imersão e fervura (em g);

m_s é a massa da amostra seca em estufa (em g);

O índice de vazios (Iv), em porcentagem, é calculado pela expressão (equação 2):

Equação 2:

$$Iv = \frac{m_{sat} - m_s}{m_{sat} - m_i} \times 100$$

Onde:

m_i é a massa da amostra saturada imersa em água após fervura (em g)

O cálculo da massa específica da amostra seca (ρ_s) é dado por (equação 3):

Equação 3:

$$\rho_s = \frac{m_s}{m_{sat} - m_i}$$

O cálculo da massa específica da amostra saturada (ρ_{sat}) é dado por (equação 4):

Equação 4:

$$\rho_{sat} = \frac{m_{sat}}{m_{sat} - m_i}$$

O cálculo da massa específica real da amostra (ρ_r), é dado pela expressão (equação 5):

Equação 5:

$$\rho_r = \frac{m_s}{m_s - m_i}$$

2.1.2 Ensaio da determinação da absorção de água por capilaridade

A realização deste ensaio ocorreu conforme NBR 9779 (Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade) que simula a forma de ascensão capilar da água em revestimentos e concretos endurecidos.

Para este ensaio foram moldados 4 corpos de prova cilíndricos para cada aditivo mais o de referência, de acordo com a NBR 7215, totalizando 20 CP's produzidos. Após 24 h os corpos de prova foram desmoldados e postos em cura por 28 dias, em seguida colocados na estufa por 24 h, logo depois foram dispostos em um recipiente preenchido com água de forma que sua base estivesse, constantemente, em contato com a água com altura de 5 mm. Dessa maneira foram determinadas as massas da amostra com 3h, 6h, 24h e 48h, retornando imediatamente ao recipiente com água após a pesagem.

A absorção de água por capilaridade dos corpos de prova cilíndricos (C) foi calculada com a seguinte expressão (equação 6):

Equação 6:

$$C = \frac{m_{sat} - m_s}{S}$$

Onde:

S é a área da seção transversal (em cm²), neste caso, 19,6 cm².

Terminada as outras etapas as amostras foram rompidas diametralmente com auxílio de uma prensa e a altura máxima de ascensão capilar foi aferida com o auxílio de uma régua.

2.1.3 Ensaio do Cachimbo

Para este ensaio foram moldados 3 corpos de prova, e baseou-se na ficha de ensaio - Revestimento de paredes – Ensaio de absorção de água sob baixa pressão (MOPTH– Laboratório Nacional de Engenharia Civil – Portugal Departamento de Edifícios – Núcleo de Comportamento de Construções) de junho de 2002, que se destina a determinar a permeabilidade da água em argamassa.

O ensaio do cachimbo avalia a absorção de água pelo corpo poroso submetido a baixa pressão exercida por uma coluna de água acoplada a amostra com o auxílio de tubos de vidro graduados de 0 a 4 cm³, denominados tubos de Carsten.

Para este ensaio foram utilizados 3 corpos de prova cilíndricos com os aditivos (A, B, C e D) e o de referência. Primeiramente, as amostras foram deixadas na estufa até que alcançassem constância de massa, logo depois fixou-se os tubos graduados (cachimbos), com auxílio de silicone, nos corpos de prova de argamassa. Após 20 minutos, preencheram-se os tubos com água até à graduação 0 cm³ e então foram feitas a leituras em cada um dos (três) cachimbos, verificando o deslocamento da lâmina d'água observado nos tubos com 5, 10, 15, 30 e 60 minutos (Figura 1).

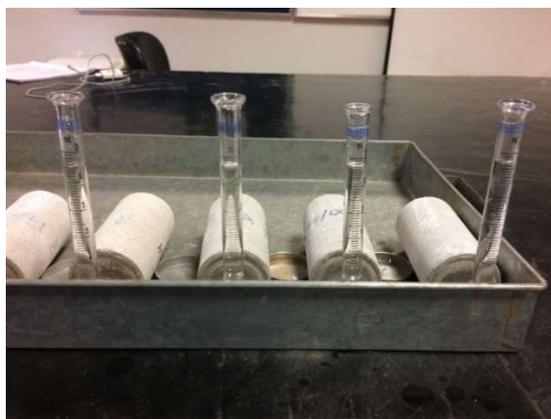


Figura 1 - Corpos de prova com tubo graduado

2.1.4 Ensaio da determinação da resistência a tração na flexão e a compressão

O ensaio ocorreu em conformidade com a NBR 13279/2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência a tração na flexão e a compressão), que apresenta o procedimento para a determinação da resistência à tração na flexão e da resistência a compressão de argamassas.

Para realização deste ensaio foram utilizados 3 corpos de prova prismáticos para cada aditivo mais a argamassa de referência, moldados de acordo com a norma. O procedimento de ruptura das amostras ocorreu com 28 dias, sendo que a aferição da resistência à tração na flexão ocorreu com o auxílio de uma prensa para ensaio de resistência recomendada por norma.

A resistência à tração na flexão é calculada segundo a equação 7:

Equação 7:

$$R_t = \frac{1,5LF_t}{40^3}$$

Onde:

R_t é a resistência a tração na flexão (em MPa);

F é a carga aplicada verticalmente no centro do prisma (em N);

L é a distância entre os suportes (em mm);

40^3 é (a) altura x $(a)^2$ largura²

Para a outra etapa do ensaio, que corresponde à resistência a compressão axial foram utilizadas as metades das amostras rompidas na etapa anterior. Posicionou-se então os corpos de prova no dispositivo de carga típico para ensaios de resistência a compressão e então aplicou-se uma carga até a ruptura dos mesmos.

A resistência à compressão axial é calculada com a seguinte expressão (equação 8):

Equação 8:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

Sendo:

R_c a resistência a compressão (em MPa);

F a carga máxima aplicada (em N);

1600 a área da seção (em mm).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo serão apresentados os valores médios encontrados após os ensaios descritos nos tópicos anteriores. Os dados exibidos estão de acordo com as normas apresentadas e são mostrados em tabelas, gráficos e imagens.

3.1 Absorção de água, índice de vazios e massa específica

Os resultados obtidos nesse ensaio de absorção por imersão estão apresentados na Tabela 3, bem como seus índices de vazios e suas massas específicas. Já a figura 2 apresenta os resultados para a absorção de água por imersão.

Tabela 3 - Resultados médios da caracterização da argamassa de revestimento no estado endurecido: Ensaio de índice de vazios

Argamassa	Absorção (%)	Índice de Vazios (%)	Massa específica da amostra seca (g/cm³)	Massa específica da amostra saturada (g/cm³)	Massa específica real (g/cm³)
R	11,05	20,88	1,89	2,10	2,39
A	16,43	28,52	1,74	2,02	2,43
B	10,30	19,32	1,88	2,07	2,33
C	10,62	18,70	1,78	1,97	2,19
D	10,49	18,49	1,74	1,93	2,14

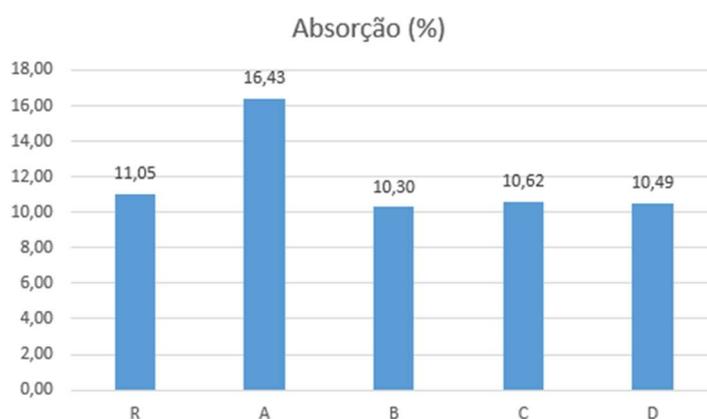


Figura 2 - Resultado ensaio de absorção de água

Nota-se que os resultados obtidos estão coerentes, já que as argamassas com maiores índices de vazios absorveram mais água. Esse índice foi maior na argamassa A, de 28,5%, portanto ela foi a que apresentou a maior absorção, de 16,4%. Ao compará-la à argamassa de referência, percebe-se que ela apresentou um aumento de 36,6% do índice de vazios e absorveu 48,7% a mais de água (Tabela 4).

Tabela 4 - Alterações ocorridas nas argamassas em comparação à referência

Argamassa	Alterações ocorridas em relação à argamassa R (%)				
	Absorção	Índice de Vazios	Massa específica da amostra seca	Massa específica da amostra saturada	Massa específica real
A	48,7	36,6	-8,2	-3,7	1,7
B	-6,8	-7,4	-0,7	-1,4	-2,6
C	-3,9	-10,5	-5,7	-6,2	-8,2
D	-5,1	-11,4	-7,8	-8,2	-10,5

Uma possível explicação para esse resultado é o fato da relação água/cimento da argamassa pronta A ter sido diferente das outras argamassas, pois foi usada a quantidade de água indicada pelo fabricante. Mas também é importante salientar que, devido à argamassa A ser industrializada ela possui incorporador de ar para melhorar a trabalhabilidade, entretanto isso a torna mais porosa.

Por outro lado, as outras argamassas absorveram menos que a de referência, como é possível visualizar na **Erro! Fonte de referência não encontrada**.4. A argamassa B reduziu a absorção de água em 6,8% em relação a referência (R). Logo em seguida têm as argamassas D e C que absorveram, respectivamente 5,1% e 3,9% a menos que a R.

Percebe-se, ao analisar os resultados, que há uma relação direta entre o índice de vazios e a absorção dos corpos de prova. Vale ressaltar que os ensaios de absorção de água e do índice de vazios estão mais associados à porosidade total da argamassa endurecida, enquanto que os ensaios de capilaridade e do método do cachimbo estão relacionados com as características dos poros superficiais.

A massa específica seca de uma amostra representa a relação entre a massa do material seco e o volume total da amostra. Nessa massa estão inclusos os poros permeáveis e impermeáveis. Todas as argamassas apresentaram uma redução na massa específica seca. Isso ocorreu, pois, apesar dos volumes dos corpos de prova terem sido mantidos, as massas deles se alteraram com o acréscimo dos aditivos.

A argamassa A foi a que teve maior redução da massa específica seca, de 8,2% em relação a R, isso provavelmente se deve ao fato de ela ter incorporador de ar e, por isso, sua massa é menor, já que tem mais vazios, diferentemente da argamassa B que não apresentou uma alteração significativa na massa.

Já a massa específica saturada de uma amostra representa a relação entre a massa do material saturado e o volume total da amostra, incluindo os poros permeáveis e impermeáveis. Todas as argamassas ensaiadas apresentaram uma redução na massa específica saturada em relação à de referência. Isso se deve ao fato de as argamassas aditivadas terem diminuído a absorção, embora a argamassa A não tenha feito isso.

Consequente, os corpos de prova encharcaram menos que o de referência, ficando com menor massa e, como os volumes dos corpos de provas eram os mesmos, as massas específicas saturadas diminuíram. A argamassa A absorveu bastante água e ficou com uma massa específica saturada pouco menor que a R, isso porque, como sua massa seca era consideravelmente mais baixa que R, mesmo após absorver água sua massa específica saturada ainda ficou menor.

3.2 Absorção de água por capilaridade

Para determinação da absorção por capilaridade foi realizado o ensaio previsto na norma - NBR 9779 (ABNT, 2012). Os resultados estão apresentados pelos valores médios encontrados no ensaio conforme Tabela 5 e Figura 3.

Tabela 5- Ensaio de absorção de água por capilaridade dos corpos de prova cilíndricos

Argamassa	Tempo (horas)				
	3	6	24	48	72
R	0,38	0,47	0,74	0,83	0,91
A	0,24	0,3	0,49	0,56	0,65
B	0,33	0,42	0,69	0,77	0,86
C	0,24	0,3	0,51	0,66	0,67
D	0,37	0,37	0,73	0,81	0,85

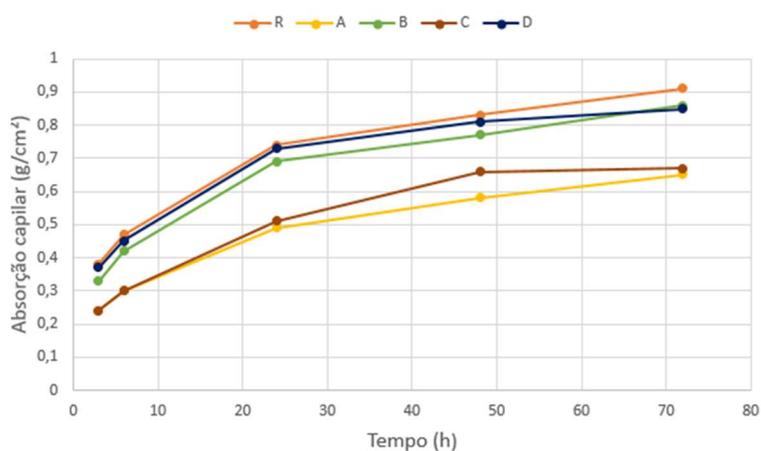


Figura 3 - Resultado ensaio de absorção de água por capilaridade

Considerando as análises de absorção de água por capilaridade nos corpos de prova cilíndricos, constata-se que as argamassas A e C apresentaram melhor eficiência na redução de absorção de água. Contudo, as argamassas aditivadas com B e D mostraram pouca redução em comparação com a de referência.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**6 expõe, em porcentagem, a redução na absorção de água em relação à referência R. Com isso, fica claro que a argamassa com o aditivo A obteve melhor desempenho nesse ensaio ao longo de todas as medições, já que, ao final das 72h, absorveu 28,6% a menos que a argamassa de referência. Contudo, esse valor ainda não atende a NBR 16072 (ABNT, 2012) que define uma porcentagem mínima de redução de 50% para que uma argamassa seja considerada impermeável.

Tabela 6- Redução na absorção de água em porcentagem

	Argamassa	Tempo (horas)				
		3	6	24	48	72
Redução da absorção em relação a R (%)	A	36,8	36,2	33,8	30,1	28,6
	B	13,2	10,6	6,8	7,2	5,5
	C	36,8	36,2	31,1	20,5	26,4
	D	2,6	4,3	1,4	2,4	6,6

Algo também observado a partir dos resultados foi que a argamassa A teve o pior desempenho em relação à absorção por imersão como apresentado no tópico anterior, Figura 2. Porém, teve a melhor eficiência em relação ao bloqueio da absorção capilar.

Na figura 4 é possível visualizar que tanto a argamassa R, quanto a A apresentam poros e, macroscopicamente, os poros da argamassa R são maiores e em menor quantidade, enquanto que na argamassa A são menores, porém em maiores quantidades.



Figura 4 - Porosidade das argamassas R e A

Acredita-se que, devido à argamassa pronta A ser industrializada, ela possuía aditivo incorporador de ar, e por esse motivo ela tenha mais poros, porém não conectados, o que dificulta a ascensão da água por capilaridade, uma vez que os poros não se comunicam. Diferentemente da argamassa de referência, em que se acredita haver conectividade entre os poros, facilitando a subida da água pela capilaridade.

Outro ponto a ser destacado, é que não se conhece a relação a/c da argamassa A, pois se trata de argamassa pronta. E sabe-se que a relação a/c interfere diretamente sobre a porosidade e consequentemente na absorção capilar.

O desempenho ruim verificado na argamassa B pode ser justificado pelo pouco tempo de ensaio (28 dias), em vista que esse tipo de aditivo, cristalizante, necessita de maior prazo para formação de cristais compostos que trabalham no preenchimento dos poros, portanto seus resultados poderiam ter sido melhores a longo prazo.

Constatou-se que, todas as argamassas aditivadas apresentaram um desempenho melhor que a argamassa de referência. Apesar disso, as que possuíam os aditivos B e D absorveram uma quantidade de água muito próxima à de

referência. Tomando a medição de 72h como base, a argamassa com o aditivo B absorveu 5,5% a menos que a de referência, já a com D absorveu 6,6% a menos. Entretanto as argamassas com os aditivos A e C demonstraram ter melhor eficiência na redução de absorção de água, pois reduziram, respectivamente, 28,6% e 26,4% em relação à argamassa de referência.

Por fim, a tabela 7 e a Figura 5 exprimem o resultado das alturas médias de ascensão capilar encontradas nas diferentes argamassas após rompimento diametral do corpo de prova cilíndrico. Percebe-se que a argamassa A apresentou a menor altura, enquanto a argamassa B, como esperado por motivos anteriormente explicados, apresentou a maior.

Tabela 7- Resultados da ascensão capilar

Argamassa	Altura média atingida pela água (cm)
R	5,5
A	3,3
B	5,1
C	4,6
D	4,6

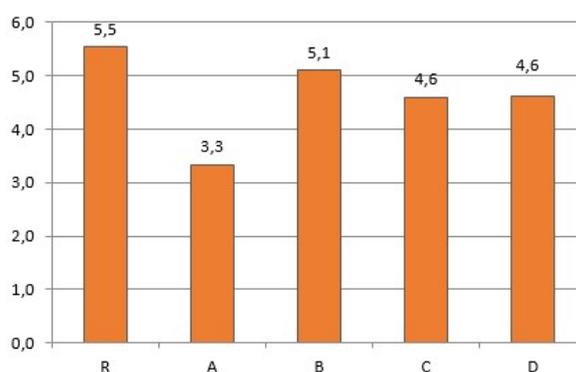


Figura 5 - Ascensão capilar

É interessante observar que as argamassas C e D possuíam valores idênticos de ascensão capilar, apesar de D ter apresentado maior absorção capilar em relação a C, como pode ser visto na figura 3 e análises anteriores. Isso pode ter ocorrido por que a amostra C, menos homogênea que a D, possuía poros muito grandes apenas superficialmente, devido ao contato com o molde, mas internamente o diâmetro interno dos poros era propício à ascensão capilar.

3.3 Ensaio do Cachimbo

O ensaio do Cachimbo, que analisa a absorção de água sob baixa pressão, permitiu verificar que as argamassas com os aditivos A e C obtiveram resultados melhores que as demais, principalmente ao compará-las nos tempos de 30 e 60 minutos de ensaio conforme mostrado na figura 6 e tabela 8.

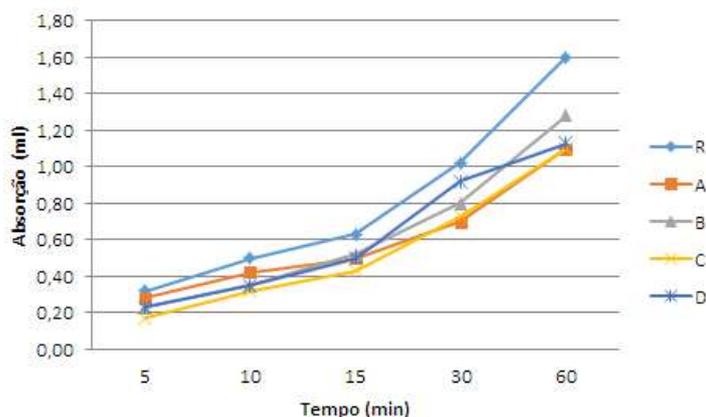


Figura 6 - Resultado ensaio de absorção de água sob baixa pressão ou cachimbo

Tabela 8- Ensaio de absorção de água sob baixa pressão ou cachimbo

Argamassa		Tempo (min)				
		5	10	15	30	60
Absorção (ml)	R	0,32	0,50	0,63	1,02	1,60
	A	0,28	0,42	0,50	0,70	1,10
	B	0,23	0,35	0,52	0,80	1,28
	C	0,17	0,32	0,43	0,73	1,10
	D	0,23	0,35	0,5	0,92	1,13

Como observado na Figura 6, a argamassa A obteve os melhores resultados após 30 e 60 minutos de ensaio. Isso pode ser justificado pelo fato da argamassa pronta possuir incorporador de ar e, com isso, apresentar maior índice de vazios e poros fechados, ou seja, sem comunicação com os demais, dificultando a absorção da água. A argamassa B obteve pior desempenho aos 60 minutos de ensaio, pois o aditivo usado tem uma ação cristalizante e possivelmente precisaria de um período maior de cura para ter melhor eficácia.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**⁹ expõe, em porcentagem, a redução na absorção de água em relação à argamassa de referência (R). Com isso, nota-se que as argamassas com aditivos A e C novamente apresentaram um melhor desempenho dentre as demais, principalmente na medição realizada após 1 hora de ensaio. A partir disso é possível verificar que ambas proporcionaram uma redução de 31,3% da absorção em relação à argamassa de referência. A argamassa com aditivo D também obteve uma redução considerável, se comparada às outras, de 29,4%, enquanto a com aditivo B teve o pior desempenho, pois reduziu apenas 20% da absorção. Embora as argamassas aditivadas tenham diminuído a absorção, a redução em relação a de referência foi abaixo do esperado, que era de 50%.

Tabela 9- Redução na absorção de água em porcentagem

Argamassa		Tempo (min)				
		5	10	15	30	60
Redução da absorção em relação a R (%)	A	12,5	16,0	20,6	31,4	31,3
	B	28,1	30,0	17,5	21,6	20,0
	C	46,9	36,0	31,7	28,4	31,3
	D	28,1	30,0	20,6	9,8	29,4

3.4 Ensaio da determinação da resistência à tração na flexão e a compressão

Os ensaios de determinação da resistência à tração na flexão e a compressão, realizados com corpos de prova prismáticos, Figura 7, no geral não apresentaram grandes reduções na resistência ao se adicionar aditivos, com exceção da argamassa pronta A. Os resultados estão ilustrados na **Erro! Fonte de referência não encontrada**.10 e Figura 8.



Figura 7 – Moldes antes e depois de serem rompidos à tração na flexão

Tabela 10 - Ensaio mecânico de determinação da resistência

Argamassa	Resistência a tração (Mpa)	Resistência a compressão (Mpa)
R	3,07	23,00
A	1,32	6,05
B	3,47	20,95
C	4,09	27,25
D	3,33	17,21

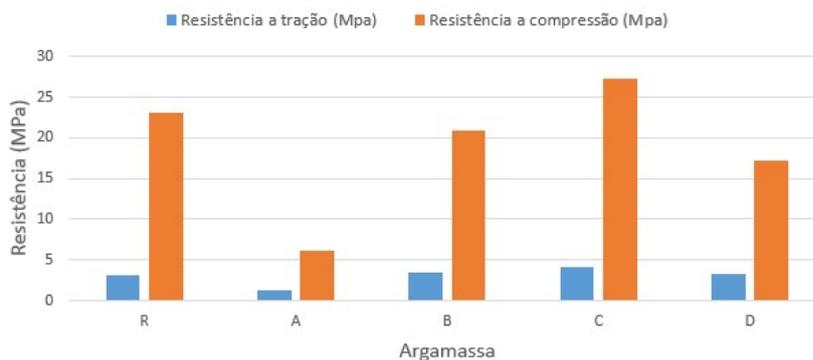


Figura 8 - Resistência à tração e compressão

A Tabela 11 exibe, em porcentagem, as alterações ocorridas nas resistências das argamassas em relação à de referência.

Tabela 11- Alterações das resistências em relação à argamassa de referência

	Argamassa	Resistência a tração	Resistência a compressão
Alterações das resistências em relação a R (%)	A	-61,8	-73,6
	B	2,9	-8,9
	C	23,5	18,3
	D	0,0	-25,1

Com exceção da argamassa pronta A, que obteve uma redução significativa tanto na resistência à tração, de 61,8%, quanto na resistência à compressão, de 73,6%, em comparação com a argamassa R, as outras não apresentaram grandes reduções na resistência. Inclusive, a argamassa com o aditivo C obteve uma resistência melhor que a de referência, pois resistiu 23,5% a mais na tração e 18,3% na compressão.

Comparando os resultados da tabela 11 com os critérios de desempenho da argamassa impermeável prescritos na NBR 16072 (2012), apenas a argamassa B e C atenderiam o critério, em que a redução tanto para à tração como compressão deve ser menor ou igual a 20%.

Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005), existe alguns limites mínimos aceitáveis para os valores de resistência alcançados com o ensaio de compressão aos 28 dias, classificando a argamassa aditivada com A como P1, com limite $\leq 2,0$ MPa, e as outras como P2 por se encontrarem entre 1,5 e 3,0 MPa. Já em relação ao limite de resistência à tração na flexão todas as argamassas são classificadas como R1, com limite de resistência $\leq 1,5$ MPa.

Observa-se ainda, na Figura 8, que nesse ensaio os efeitos do aditivo C tiveram resultados superiores aos demais, isso pode ser devido ao fato dele possuir o menor índice de vazios o que lhe confere mais resistência. Destaca-se também o resultado da argamassa com o aditivo A, que apresenta o pior resultado de resistência o que pode ser explicado pelo seu alto índice de vazios.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa buscou-se verificar a eficiência de aditivos impermeabilizantes quando associados à argamassa de revestimento com relação à absorção por capilaridade. Os resultados obtidos são importantes para comparar os diferentes aditivos disponíveis no mercado, bem como analisar seus impactos na resistência à compressão e absorção de água. As principais considerações serão apresentadas a seguir:

- As argamassas A e C apresentaram melhores eficiências na redução da ascensão capilar tanto no ensaio de capilaridade quanto no do cachimbo. Contudo, a argamassa A não permitiu uma comparação de forma isonômica com as outras argamassas tendo em vista que, por se tratar de argamassa pronta, não se conhecia sua relação água cimento;
- As argamassas B e D tiveram os piores resultados nos ensaios de capilaridade e cachimbo. A argamassa B talvez tenha tido esse desempenho, pois o aditivo usado tem uma ação cristalizante e

- possivelmente precisaria de um maior tempo de cura para ter melhor eficácia;
- Os resultados obtidos no ensaio de absorção, índices de vazios e massa específica mostraram que a argamassa A foi a que mais absorveu água, inclusive mais até que a argamassa de referência, pois possuía maior índice de vazios, enquanto as outras apresentaram resultados semelhantes entre si e melhores que R. A argamassa pronta A, por ser industrializada, possui incorporador de ar para melhorar a fluidez e isso a torna mais porosa, justificando os resultados de índice de vazios e massa específica;
 - A argamassa com o aditivo A apresentou uma perda considerável na resistência tanto na tração quanto na compressão, enquanto a com D a redução ocorreu apenas na resistência à compressão. Em ambos os casos os requisitos mínimos estabelecidos pela norma NBR 16072 (ABNT, 2012) não foram alcançados, já que a variação em relação a referência não poderia passar de 20% a menos.
 - Apesar de todas as argamassas terem demonstrado redução na ascensão capilar, nenhum dos aditivos conseguiu atender ao critério de redução mínimo de 50% estabelecido pela NBR 16072 (ABNT, 2012) para o ensaio de absorção por capilaridade. As argamassas A e C foram as que alcançaram os melhores resultados, pois obtiveram redução de absorção em relação à argamassa de referência de, respectivamente, 28,6% e 26,4%. Entretanto as argamassas B e D tiveram desempenhos inferiores.

Por fim, infere-se com este estudo, que a utilização de aditivos impermeabilizantes não expressou resultados que atendessem à norma NBR 16072 (ABNT, 2012). Muito embora eles não tenham sido satisfatórios, percebeu-se que tanto o aditivo A quanto o C desempenharam melhor o papel de impedir a ascensão capilar, principal objetivo deste estudo, sendo um por incorporação de ar e o outro pela ação hidrofugante do aditivo nos poros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência a compressão. ABNT, Rio de Janeiro, 1996.

_____. NBR 9778 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. ABNT, Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 9779 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. ABNT, Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR 13279 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência a tração na flexão e a compressão. ABNT, Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 13281 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. ABNT, Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 16072- Argamassa impermeável . ABNT, Rio de Janeiro, 2012.

DARDENGO, C. F. Identificação de patologias e proposição de diretrizes de manutenção preventiva em edifícios residenciais multifamiliares. Viçosa, 2010. Dissertação (Magister Scientiae em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa.

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. Ficha de ensaio- Absorção de água sob baixa pressão, cachimbo. Portugal, junho de 2002.

PEIXOTO, V. F., TORRES, M. I., & GUIMARÃES, A. S. Humidade Ascensional. 1. ed. Porto: FEUP, 2008.



Instituto de
Impermeabilização

<http://ibibrasil.org.br/>