IMPERMEABILIDADE DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM HIDROFUGANTES ADICIONADOS À MISTURA E COMO PROTEÇÃO SUPERFICIAL

Tema: Desempenho de sistemas de revestimento.
Grupo: 2

BRUNO L. DE ALMEIDA[1], BRYAN S. C. MELO[2], ANTHONY F. N. P. ALEIXO[3], LUCAS DE S. FARIAS[4], ISAURA N. L. PAES[5]

[1]ALMEIDA – Universidade Federal do Pará/UFPA, brunolobo003@gmail.com
[2]MELO – Universidade Federal do Pará/UFPA, bryansullivan180@gmail.com
[3]ALEIXO – Universidade Federal do Pará/UFPA, felipepaivaaleixo@gmail.com
[4]FARIAS – Universidade de São Paulo/USP, lucas.gesta.phoe@gmail.com
[5]Profª. Drª. PAES – Universidade Federal do Pará/UFPA, isaurapaes@ufpa.br

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada para avaliar o processo de impermeabilidade de revestimentos externos por meio de produtos hidrofugantes com duas formas distintas de atuação: um, adicionado na água de amassamento e, o outro, aplicado sobre à superfície do revestimento. Foram realizados ensaios de caracterização, avaliações das condições ambientais e análises de desempenho. Os revestimentos apresentaram comportamentos satisfatórios, segundo critérios normativos, porém, com performances distintas em decorrência da forma de aplicação dos produtos e de como o transporte de umidade se processa nos revestimentos.

Palavras-chave: argamassa de revestimento, desempenho, hidrofugantes, permeabilidade.

IMPERMEABILITY OF MORTARS OF COATING WITH WATERPROOF ADDED TO THE MIXTURE AND HOW SURFACE PROTECTION

ABSTRACT

This research was carried out to evaluate the waterproofing process of external coatings by means of water repellent products with two different ways of acting: one, added to the mixing water and, the other, applied to the surface of the coating. Characterization tests, assessments of environmental conditions and performance analyzes were carried out. The coatings showed satisfactory behavior, according to normative criteria, however, with different performances due to the way the products are applied and how moisture is transported in the coatings.

Key-words: coating mortar, performance, waterproofing, permeability.

1. INTRODUÇÃO

O processo de endurecimento de uma argamassa é complexo e formador de sua rede de poros. Espera-se que, fisicamente, a microestrutura formada venha a ser uma barreira natural que dificulte o transporte de fluidos pelo interior do revestimento. Para que esse fato ocorra, uma série de medidas assertivas devem ser tomadas e estas vão desde a concepção do projeto, escolha dos materiais de modo a propiciar o maior empacotamento das partículas e formação de menor volume e menor dimensão de poros e execução e um plano de manutenção (SALOMÃO e BAUER, 2017)[(1)].

Neste sentido, a fim de tentar garantir a vida útil dos revestimentos, uma das soluções que tem sido empregada é a utilização de produtos hidrófugos, os quais podem ser adicionados à água de amassamento da argamassa fresca ou, aplicados como uma película protetora sobre sua superfície, no estado endurecido, de forma a dificultar a infiltração de fluidos que se propagam pelos poros dos revestimentos (MICHAEL E OVEREND, 2021)[(2)]. Desta forma, esta pesquisa experimental tem por objetivo avaliar a eficácia de desempenho de produtos hidrófugos testados nessas duas formas distintas de aplicação, em revestimentos argamassados destinados a aplicação externa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados foram: cimento Portland CP IV-32, blocos cerâmicos estruturais, areia natural quartzosa, aditivo plastificante e 2 tipos de hidrofugantes (um adicionado à mistura da argamassa, e outro, aplicado sobre a superfície do revestimento endurecido) e água proveniente da companhia de abastecimento. As caracterizações dos materiais são apresentadas a seguir.

Tabela 1 – Análise física e química do cimento CP IV-32.

Analise física do CP IV-RS						
Ensaios físicos			**Normatização**		**Resultado**	
Massa Específica (g/cm³)			ABNT NBR 16605: 2017		2,72	
Superfície Específica Blaine (m²/kg)			ABNT NBR 16372: 2015		455,2	
Análise Química %						
Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O
10,8	36,83	3,4	37,78	4,11	2,24	0,11

Tabela 2 – Caracterização dos blocos cerâmicos estruturais.

Largura (mm)	**Altura (mm)**	**Comprimento (mm)**	**Índice de Absorção de Água - NBR 15270 (ABNT, 2017 (%)**	**Resistência à compressão axial - NBR 15270 (ABNT, 2017) (MPa)**
137,77	189,1	288,67	12,23	5,71

Tabela 3 - Caracterização do agregado miúdo natural (areia).

Característica determinada	Dimensão máxima característica	Módulo de finura	Graduação	Massa unitária (MU)	Massa específica (ME)	Índice de Vazios	Determinação de impurezas orgânicas
Método de ensaio	ABNT NBR 17054 (ABNT, 2022)			NBR 16972 (ABNT, 2021)	ABNT NBR 16916 (ABNT, 2021)	NBR 16972 (ABNT, 2021)	ABNT NBR 17053 (ABNT, 2022)
Resultados	0,6	1,3	Fina	1,62 g/cm³	2,51 g/cm³	34,51%	Teor Médio

Tabela 4 - Caracterização dos aditivos utilizados na pesquisa.

Características	Aditivo Plastificante	Hidrofugante 1 (matriz)	Hidrofugante 2 (superfície)	
Massa específica	1,2 g/cm³	1,05 kg/l	**Diluente**	Produto semi-pronto e solúvel em água
Especificações	Líquido cor amarronzada	Solução aquosa de silicatos coloidais	**Aspecto**	Pó
pH	-	8,5 - 11,5	**Composição**	Polímeros, cimento, resinas, cargas minerais e aditivos especiais.

2.1. Dosagem das argamassas de chapisco e revestimentos

A dosagem das argamassas foi realizada a partir dos estudos de Selmo (1989)[3]. O traço do chapisco foi de 1:3 (cimento:areia, em volume) e o proporcionamento da argamassa foi de 1:7 (cimento e areia, volume) + aditivo plastificante (200 ml/saco de cimento), conforme recomendação do fabricante (ARG. REF.). A partir do traço supracitado foi elaborado uma segunda composição de argamassa, porém, adicionando-se o aditivo hidrofugante em um percentual de 4%, em relação a massa de cimento. Já o outro aditivo hidrofugante, empregado como barreira de proteção superficial (pós-tratamento), foi aplicado sobre a argamassa que continha somente o aditivo plastificante. Após execução das argamassas foram realizados os ensaios no estado plástico, conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Caracterização das argamassas de revestimento, no estado plástico.

Ensaios	Métodos de ensaios	Resultados	
		ARG. REF (PLASTIF.)	ARG. HIDROFUGANTE
Índice de consistência	NBR 13276 (ABNT 2016)	29,70 cm	31,25 cm
Densidade de massa	NBR 13278 (ABNT 2005)	1,90 g/cm³	2,03 g/cm³
Ar incorporado	NBR 13278 (ABNT 2005)	13,52%	14,92%
Retenção de água	NBR 13277 (ABNT 2005)	79%	81%
Resistência ao cisalhamento	ASTM D 4648 (2016)	1,58 KPa	1,60 KPa

2.2. Execução dos revestimentos, aplicação dos hidrofugantes, ciclos de molhagens e avaliações (visuais e instrumentadas)

Foram confeccionados seis painéis em alvenaria de bloco cerâmico estrutural com dimensões de (1,00 x 1,50) m². Aplicou-se o chapisco sobre eles e, após 7 dias houve o lançamento das argamassas. Em ambos foram realizados 3 ciclos de molhagens diárias (30 minutos cada), sendo no chapisco realizado por 3 dias somente, e nos revestimentos por 5 dias semanais, durante 60. Além disso, foi mensurado a hidrofobicidade das argamassas sobre os blocos isolados revestidos.

Foi realizada a análise de indicadores climáticos que mensuraram as características a que os painéis estariam submetidos: umidade relativa do ar, temperatura, alteração microbiológica aparente e formação de gotas. No prosseguimento foram realizados os seguintes ensaios: resistência de aderência (ABNT NBR 13528: 2019), permeabilidade pelo método do cachimbo (CSTC/NIT 224/2002) e molhabilidade superficial dos revestimentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises Visuais e Instrumentadas

A Tabela 6 mostra a verificação dos indicadores climáticos anteriormente citados.

Tabela 6 – Resultados das análises visuais e instrumentadas, sobre os revestimentos.

Análise até 60 dias	Painéis		
	ARG. REF.	ARG. HID	ARG. HID. SUP.
Temperatura Média	29,25 ^{0}C	28,47 ^{0}C	29,35 ^{0}C
Umidade Média do Ar	79, 75%		
Pulverulência	Não apresentou	Não apresentou	Não apresentou
Fissuração	0,10 mm	0,10 mm	0,10 mm
Microrganismos	Não apresentou	Não apresentou	Não apresentou

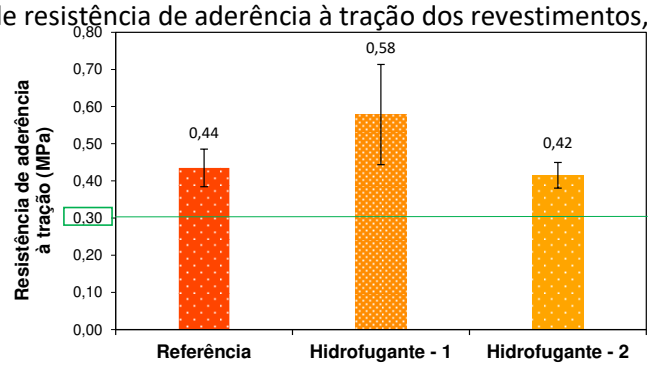
Pesquisas como, Castello (2022)[4] e Chen *et al*. (2021)[5] relatam a influência das condições ambientais no desempenho das argamassas expostas a condições nocivas externas. A presença de alta umidade, elevada temperatura e chuvas frequentes favorecem a proliferação de microorganismos. Todavia, mesmo com estes aspectos desfavoráveis, os painéis não apresentaram alterações microbiológicas visíveis a "olho nú". Talvez, porque os aspectos supracitados foram analisados em um período curto de tempo e a alteração de cor e presença de microrganismos são perceptíveis a partir de 6 meses expostos a tais condições ambientais, conforme relatado em PAES *et al*.,2020[6].

Os revestimentos não estavam pulverulentos e a fissuração máxima obtida foi de 0,10 mm. As superfícies das argamassas estavam resistentes ao risco e com coesão das partículas. Cabe destacar, que a resistência da argamassa ao riscamento não se dá em função somente do consumo de cimento e da relação água/cimento, mas também da granulometria do agregado miúdo e do teor de cal ou do aditivo utilizado no traço (SILVA *et al*. 2018)[7].

3.2 Ensaio de Resistência de Aderência à Tração

A análise da aderência das argamassas foi realizada por meio estatístico ANOVA One-Way, complementado pelo Teste de Dunnett e pelo Teste de Tukey e representado como média aritmética ± desvio padrão com diferenças significativas com P<0,05. Os resultados estão dispostos a seguir.

Figura 1- Resultado de resistência de aderência à tração dos revestimentos, após 60 dias de idade.



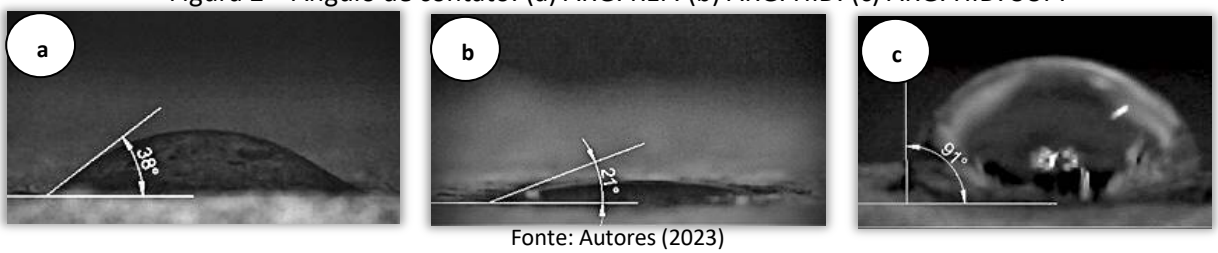
Fonte: Autores (2023)

Os revestimentos obtiveram valores de resistência de aderência superior ao mínimo preconizado na norma ABNT NBR 13749 (2013), que é de 0,30 MPa para fachada. A análise do desempenho do aditivo hidrofugante, adicionado à mistura da argamassa (Hidrof.1) apresentou valores 33% maiores, em comparação ao hidrofugante 2 (proteção superficial), o que demonstra sua ação no sentido de ocasionar uma espécie de densificação microestrutural. Já o hidrófobo de superfície por ser um produto aderido ao revestimento, tem a função de ser a primeira barreira de "sacrifício" para inibir a penetração de água dependendo das condições climáticas, assim, a membrana polimérica está mais sujeita a fissurar, romper ou fragilizar (PAES *et al*., 2013)[8].

3.3 Permeabilidade e molhabilidade dos revestimentos

As medidas dos ângulos de contato mostraram que a argamassa de referência e a argamassa com adição do hidrofugante à mistura apresentaram comportamento de um material de superfície hidrofílica, com ângulos menores que 90°. Já, o revestimento com tratamento superficial, apresentou ângulos de molhabilidade superiores a 90°, classificando-o como hidrofóbico. A Figura 2 mostra alguns dos ângulos de contato, sem e com a presença do hidrofugante na superfície nos revestimentos, na idade de 60 dias.

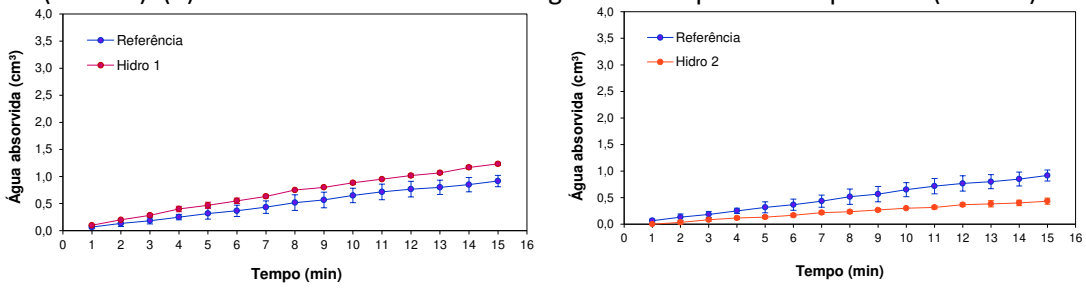
Figura 2 – Ângulo de contato: (a) ARG. REF. (b) ARG. HID. (c) ARG. HID. SUP.



Fonte: Autores (2023)

Foi observado que a angulação da gota tem certa variabilidade à medida que se muda a região de aplicação. Possivelmente, isto ocorre pela falta de uniformidade da rugosidade e porosidade das amostras. Para melhor acomodação da gota, o liquido segue as ondulações da superfície sólida onde, quanto maior for essa rugosidade topográfica, menor será o ângulo de contato aparente (SASAKI *et al.*, 2019)[9]. A avaliação da permeabilidade dos revestimentos foi realizada por meio do método do cachimbo e os resultados foram tratados estatisticamente empregando-se uma análise de variância de uma via (ANOVA One-Way) complementado pelo Teste de Dunnett, a fim de avaliar o quanto era significativo a diferenciação na forma de aplicação do hidrofugante. E, conforme esperado, houve maior hidrofobicidade na argamassa com o uso do hidrofugante aplicado como pós-tratamento. conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Permeabilidade: (a) ARG. Referência X ARG. com hidrofugante inserido na argamassa fresca (Hidro 1). (b) ARG. REF x ARG. com hidrofugante como protetor superficial (Hidro 2).



(a) (b)

Fonte: Autores (2023)

As imagens e a análise estatística mostram que houve uma alteração significativa na forma com que os produtos agem, porém, em ambos os casos, os revestimentos apresentaram baixa permeabilidade. A permeabilidade é afetada positivamente pelo produto aplicado como protetor superficial, uma vez que há uma mudança de tensão superficial que dificulta a penetração dos fluídos. Porém, fazendo um paralelo com a resistência de aderência dos revestimentos (Figura 1) percebe-se que o produto que agiu de forma mais eficiente foi o inserido à mistura, pela ação dos polímeros na microestrutura das argamassas.

4. CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas se conclui que os painéis hidrofugados apresentaram ausência de alterações microbiológicas aparentes durante todo o período de estudo. Os produtos hidrofugantes obtiveram desempenho satisfatório com relação as propriedades avaliadas, em especial, a redução da absorção de água, aparente diminuição da sujicidade e proliferação de microorganismos.

Na avaliação da molhabilidade, a aplicação do hidrofugante pós-tratamento tornou a superfície dos painéis hidrofóbica, com ângulos maiores que 90°. A película gerada repeliu a água por meio da sua interface apolar dificultando a penetração do fluido ao formar gotas de configuração esférica que fluiram sobre a superfície. Já para o produto hidrofugante acrescido a composição

da argamassa plástica apresentou grande variabilidade no tamanho dos ângulos e todos inferiores a 90° (argamassa hidrofílica), porém, sua forma de atuação é na microestrutura da argamassa. Sua eficácia foi comprovada nos ensaios de aderência (33% superior ao outro produto testado) e pela baixa permeabilidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SALOMÃO, M. C.; BAUER, E. estudo da estrutura porosa de argamassas de revestimento esua relação com a absorção de água por capilaridade*. In*: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. **Anais**. São Paulo, 22-24 de agosto, 2017.

2. M. MICHAEL; M OVEREND. The impact of using Closed Cavity Façades (CCF) on buildings' thermal and visual performance. *In*: 8TH INTERNATIONAL BUILDING PHYSICS CONFERENCE. **Journal of Physics**. 2069 (2021) 012021 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/2069/1/012021

3. SELMO, S.M.S. **Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo dos edifícios**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

4. CASTELLO, A.J.P. Desempenho termo-óptico de revestimentos na mitigação do aquecimento de fachadas urbanas. **Dissertação** (mestrado). Centro de ciências exatas, ambientais e de tecnologia. Programa de pós-graduação em sistemas de infraestrutura urbana. Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2022.

5. CHEN, F.; QUY, N. X.; KIM, J.; HAMA, YUKIO. Investigation on Aesthetic and Water Permeability of Surface Protective Material under Accelerated Weathering. **Materials**. 2021, 14, 6896. https://doi.org/10.3390/ma14226896.

6. PAES, I.; OLIVEIRA, E.; CORREA, E. Desempenho de hidrofugante de superfície em habitação de interesse popular: estudo de caso. *In*: CONGRESSO DE CONSTRUÇÃO CIVIL. CONSTRUÇÃO 2020. **Anais**. Brasília-DF, 28 e 29 de maio, 2020.

7. SILVA, M. da.; SILVA, T. da.; LOBO, S.; SOUZA, K.; BATISTA, A.; PAES, I. **Hidrofugante de Superfície: Avaliação da capacidade de barrar o ingresso da água em Argamassa de Revestimento.** Congresso Brasileiro de Patologia das Construções. Anais, Campo Grande, MS, 2018, p.1-12.

8. PAES, I. N. L.; MADEIRO, T.; SILVA, C. Descolamento de fachada: Influencia da preparação de base na resistência de aderência e na permeabilidade de revestimento em argamassa. In: IX Congreso Internacional sobre Patología Y Recuperación de Estructuras, **Anais**, João Pessoa/Brasil, 3-5 junho de 2013.

9. SASAKI, TAKASHI; HIRAKI, KAZUAKI; ATHIRAH, AIZZAHTUL; MATSUTA, KODAI; TAKEUCHI, NATSUKI. Glass transition at the polystyrene/polyethylene glycol interface observed via contact angle measurements. **Polymer Journal**, 2019**,** 51 (5), 481-488.