

ESCOLA DE ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO SANTA MÔNICA

**DO PASSADO AO PRESENTE: Superfícies hidrofóbicas de SiO₂ aplicadas à
preservação dos prédios históricos da cidade de Pelotas-RS**

Pelotas, RS

2023



Fernando Alonso Valente Härter

Isadora Pinheiro Cardoso

Marina Souza Nunes

Prof^a. Renata Belmudes Schneider

Prof^a. Greice Conrad Rodrigues Sedrez

DO PASSADO AO PRESENTE: Superfícies hidrofóbicas de SiO₂ aplicadas à preservação dos prédios históricos da cidade de Pelotas-RS

Relatório apresentado à 7ª FEMIC - Feira Mineira de Iniciação Científica.

Orientação da Prof. Greice Conrad Rodrigues Sedrez e coorientação de Renata Belmudes Schneider.

Pelotas, RS

2023



RESUMO

A presente revisão bibliográfica busca identificar e caracterizar um material hidrofóbico capaz de revestir estruturas históricas da cidade de Pelotas-RS, para, principalmente, reforçar a importância e necessidade de preservar o patrimônio pelotense, a fim de evitar que a memória do município não seja apagada. Dessa maneira, será possível encontrar uma forma acessível de investimento para o Governo Federal. A investigação baseia-se em publicações relacionadas à temática de superfícies hidrofóbicas, entre os anos de 2013 e 2023, sendo selecionados os trabalhos que discutem a acessibilidade dos substratos para a construção civil e a preservação de imóveis, os quais fazem considerações a partir do fenômeno físico da Molhabilidade. Os resultados mostram que há diversos fatores que influenciam na hidrofobicidade de uma superfície, como a sua estrutura química, o seu ângulo de contato e a sua rugosidade. Com isso, em condições ideais para a superfície ser hidrofóbica, a técnica de pulverização de compostos traz resultados positivos para inviabilizar o contato da água nesses materiais. Por fim, conclui-se que é possível utilizar materiais já conhecidos pela sociedade para a preservação do patrimônio histórico, como é o exemplo da sílica — substrato usado na forma de seu óxido (SiO_2) para transformar as superfícies em hidrofóbicas e autolimpantes por meio da pulverização — alcançando, então, o objetivo de encontrar uma maneira de baixo custo na conservação de materiais utilizados em construções humanas.

Palavras-chave: Superfície hidrofóbica, Conservação, Patrimônio, Sílica, Molhabilidade.



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 JUSTIFICATIVA	7
3 OBJETIVO GERAL	8
4 METODOLOGIA	9
5 RESULTADOS OBTIDOS	10
6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS	11
REFERÊNCIAS	12

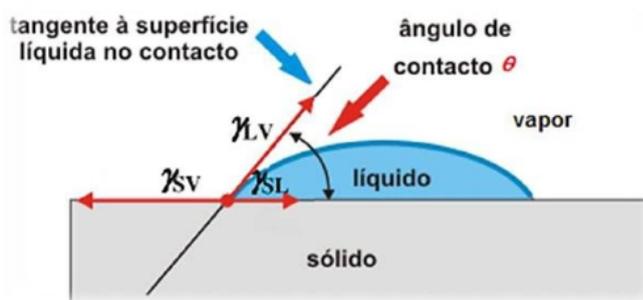


1 INTRODUÇÃO

A cidade de Pelotas teve a sua formação urbana impulsionada pelo o desenvolvimento da produção de charque ao redor do Arroio Pelotas, acarretando na constituição de um povoado por causa dessa atividade econômica. Os senhores, donos das charqueadas do século XVIII, precisavam de moradias que representassem eles e toda a riqueza que conquistaram com a produção de carne de sol, dessa forma, construíram casas luxuosas com características da arquitetura europeia, as quais constituem até a atualidade a paisagem urbana de Pelotas.

Dessa forma, o início da identidade da cidade foi realizada, sendo necessária a preservação dela, uma vez que as construções de antigamente são imbuídas de memórias que influenciam no presente da população e do município; nesse caso, esses prédios são patrimônios materiais que ilustram a trajetória da cidade. A partir dessa perspectiva, revestir os prédios com sílica é um meio de alterar a maneira em que a água se adere às superfícies, facilitando a preservação deles.

Baseando-se nos estudos sobre Molhabilidade, fenômeno físico que explica a aderência entre líquido e superfície, constata-se que é possível evitar danos em prédios históricos por agentes externos. Ao tratar-se da água, a forma da interação de contato classifica uma superfície em hidrofílica ou hidrofóbica a partir do ângulo de contato entre o líquido, o sólido e a interface líquido-sólido. Essa análise é obtida pela Relação de Thomas Young que relaciona a tensão superficial entre as três interfaces.



$$\cos\theta_Y = \frac{\gamma_{SG} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LG}}$$

Fonte: NUNES (2020)
Relação de Thomas Young

As superfícies podem ser classificadas conforme a adesão que a água se encontra, sendo elas super-hidrofílicas (ângulo de contato menor que 0), hidrofílicas



(ângulo de contato menor que 90°), hidrofóbicas (ângulo de contato maior que 90°) ou super-hidrofóbicas (ângulo de contato maior que 150°).

Além disso, outros fatores alteram esse comportamento, como a rugosidade da superfície, a qual acentua esse ângulo de contato. Quanto maior a rugosidade maior é a hidrofilia ou a hidrofobicidade, ou seja, amplifica aos extremos o caráter. Também, o estudo de Young surge para superfícies lisas e ideais, assim, as irregularidades do sólido conflituam com a percepção precisa do ângulo formado entre as interfaces.

Ainda, uma superfície com essas características, ganha propriedades autolimpantes e antioxidantes. Isso surge, de acordo com Daoud (2013), pelo modo em que o líquido percorre a superfície do material. A respeito da água, a gota com menor adesão (menor ângulo de contato) tende a rolar ao invés de somente deslizar, incorporando sujeiras e fatores oxidantes que afetam, muitas vezes, a integridade do material que por natureza é hidrofílico.

Xiang et al (2021) mostra a criação de um concreto super hidrofóbico à base de silício, substrato capaz de aumentar a capacidade de evitar a corrosão (oxidação) de estruturas construídas com cimento. Com isso, Ferreira (2013) indica a possibilidade de impermeabilizar superfícies quaisquer, fazendo-as repelir líquidos com dióxido de silício (SiO_2). A pulverização desse constituinte altera o escoamento da água, isso porque cria uma camada fina hidrofóbica sobre o material, conseguindo um ângulo de contato líquido/superfície de aproximadamente 150° .

Ao garantir a baixa adesão, Muzenski et al (2015) estudou a durabilidade do concreto após pulverização, as evidências são de redução nas rachaduras com o tempo, na infiltração e da umidade da superfície. O fator climático da quantidade de vapor d'água no ar é notório para a implementação nos edifícios de Pelotas, pelo índice médio anual ser 80,7% de umidade, com base nas estatísticas da Estação Agroclimatológica de Pelotas (Convênio Embrapa/UFPel/INMET)



2 JUSTIFICATIVA

A ideia de conservar parte da arquitetura pelotense surgiu com a visita à Faculdade de Física da UFPEL, a qual possui tanto um laboratório quanto diversos artigos sobre superfícies hidrofóbicas. Por conta disso, o intuito deste estudo é aplicar essa área de pesquisa — presente na universidade local — em um viés social, o qual seria encontrar uma forma de conservação dos Prédios Históricos de Pelotas, buscando materiais acessíveis para se investir. Assim, permitindo que edificações importantes para a memória do passado sejam mantidas intactas sem grandes danos.



3 OBJETIVO GERAL

Objetiva-se, com essa pesquisa, estabelecer teoricamente a possibilidade de aplicação, via pulverização, da sílica em superfícies à base de concreto dos prédios do Centro Histórico de Pelotas-RS. Dessa forma, as partes da estrutura em que estão sob efeito do substrato tornam-se hidrofóbicas, acarretando no escoamento e menor aderência de água nas superfícies revestidas das construções.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Buscar possibilidades cada vez mais viáveis, através da utilização de estudos recentes, para manter viva a memória da cidade de Pelotas/RS, permitindo que prédios históricos sejam melhor mantidos;
2. Entender o método de pulverização da sílica em superfícies à base de concreto;
3. Identificar através do estudo de artigos científicos, alternativas de utilização de materiais acessíveis como forma de investimento em prédios históricos;
4. Salientar a importância do estudo preliminar sobre métodos que evitem rachaduras, infiltrações e umidade, para que estes não sejam problemas enfrentados por prédios históricos;
5. Permitir melhor entendimento sobre Molhabilidade, fenômeno esse que explica a aderência entre líquido e superfície.



4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi uma revisão bibliográfica de artigos publicados entre os anos de 2013 e 2023. Para melhores resultados, as palavras-chave: superfície hidrofóbica, hidrofobia, preservação, sílica, Pelotas, ângulo de contato; foram atribuídas à pesquisa, essa mediada pelas ferramentas Google Acadêmico e Arxiv.

Com o avanço tecnológico, exige-se cada vez mais que os materiais utilizados na indústria da construção civil possuam propriedades adequadas para determinada finalidade. Evidencia-se as atribuições contemporâneas do estado de conhecimento a respeito da Molhabilidade, em especial à discussão sobre o que é hidrofóbico em superfícies reentrantes. Nesta pesquisa, foi considerado apenas as concepções originárias de Young sobre superfícies ideais, essas lisas, sem constituições de pilares que caracterizam o estado Wenzel (W) ou Cassie-Baxter (Cb) da gota d'água em contato com uma superfície qualquer.

O projeto foi sendo desenvolvido desde junho de 2023, por parte dos estudantes do ensino médio, partindo de uma questão ampla em relação à edificações históricas, importantes para a memória do passado da cidade de Pelotas, para que estas sejam mantidas intactas sem grandes danos, aplicando essa área de pesquisa em um viés social, encontrando uma forma de preservação dos prédios históricos.



Para dar início a escolha de alguns critérios de pesquisa, é importante salientar que ocorreu a partir de algumas indicações em reunião realizada com o professor Dr. em física, Pedro Jardim, no evento Mundo UFPEL, que ocorreu em Junho deste ano. A explicação do conceito de Molhabilidade na construção civil, foi o norte da orientação do trabalho.

5 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados sobre a pulverização de sílica, no formato de SiO_2 , para transformar o concreto usado nas construções do Centro Histórico de Pelotas-RS são, por enquanto, somente teóricos. Até este momento, sabe-se que as propriedades conquistadas pela hidrofobia de uma superfície são importantes para a conservação de qualquer estrutura que compartilhe essas mesmas propriedades; no caso do concreto, a rugosidade em que ele é aplicado e de sua estrutura, em escala microscópica, amplifica ainda mais essas características, propiciando o estado de menor adesão da água.

Por conta dessa necessidade, opta-se pelo uso do silício como elemento base para aumentar o ângulo de contato, obtido na Relação de Young nas superfícies. O silício encontra-se na natureza sempre combinado em óxidos ou silicatos, sendo sua principal forma o dióxido de silício (SiO_2) — popularmente conhecido como sílica. Posto isso, é notável que o formato da molécula auxilia na hidrofobicidade, uma vez



que sua forma linear torna a sílica um composto apolar e não miscível, em virtude da polaridade da água.

A aplicação de fato da sílica no concreto usado nos prédios, é o modo de configurar a hidrofobicidade nessas superfícies que, por natureza, são hidrofílicas — principalmente pelo dióxido de silício ter grande abundância, sendo o segundo elemento químico em maior quantidade na crosta terrestre — , o que aumenta a capacidade do Estado ou da iniciativa privada, de adquirir o substrato. A longo prazo, gastos com a manutenção são evitados, já que os prédios revestidos têm maior tempo de conservação até que ocorra uma infiltração ou uma rachadura nas paredes.

A simples aplicação da sílica, em materiais de concreto, contribui para que ela seja o composto usado nessas intervenções da construção civil. O simples borrifar ajuda a evitar o desperdício, pois minimiza a taxa não atribuída à superfície e auxilia na real na junção da fina camada de SiO_2 à superfície construída pelo concreto, isso porque, ao borrifar, comprimimos as partículas em comprimentos na ordem de micrômetros, reduzindo, justamente, a dupla aplicação e a dispersão desse material no ambiente.

6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

As aplicabilidades dos conceitos da Molhabilidade são vastas pelos benefícios autolimpantes e antioxidantes que, como dito, são capazes de preservar qualquer estrutura. Ressaltamos que a inserção, de fato, das películas hidrofóbicas a base do dióxido de silício (SiO_2) são pertinentes à construção civil como o abordado, não somente para preservar a história de uma nação, mas sim pelos benefícios gerados ao aplicar em qualquer edifício. Também, fora da Engenharia Civil, interpretamos a possibilidade de tornar hidrofóbico superfícies presentes em ambientes hospitalares, evitando as infecções transmitidas que são aderidas a superfícies pela superfície permanecer limpa.

Na discussão histórica, os patrimônios materiais de qualquer região podem ser preservados com a técnica de pulverização, contribuindo para a valorização identitária



da humanidade e para que não haja o apagamento dos vestígios capazes de comprovar os acontecimentos prévios ao presente, o passado. Na esfera de Pelotas-RS, conseguimos manter as construções do Centro Histórico, de modo que elas não se deteriorizem com o passar do tempo, não perdendo a figura que representa toda a vivência do comércio charqueador, esse que teve efeitos na sociedade atual, em especial à escravidão.

O estado de conhecimento sobre as execuções que usufruem da Molhabilidade está em constante evolução, sugerimos, portanto, que, em pesquisas futuras, o estudo experimental da adesão do concreto super-hidrofóbico de Xiang Xo et al (2021) pode ser realizado sob os efeitos do clima de Pelotas-RS e de outras regiões com diferenças climáticas. Esse estudo de caso possibilitará a compreensão, de fato, sobre a possibilidade do uso da sílica pulverizada de forma empírica, não somente teórica como foi abordado até o momento.

Ainda, vemos importância em, futuramente, abranger essas relações do concreto com os estudos de superfícies reentrantes, as que não podem ser caracterizadas não somente pela relação de Young, visto que, em razão da rugosidade, nem sempre um ângulo de contato maior que 150° garante a hidrofobia, por consequência, os benefícios antioxidantes e autolimpantes também não são garantidos.

REFERÊNCIAS

SCHIAVON, Caroline S. et al. Wetting-state transition of random surfaces. *Thin Solid Films*, v. 745, p. 139102, 2022.

MARQUEZ, Karem Soraia Garcia. Elementos Químicos – Silício - CRQ. Disponível em: <<https://crqsp.org.br/elementos-quimicos-silicio/#:~:text=Sil>> . Acesso em: 23 set. 2023.

FENDARKAR, D. Estrutura de Lewis SIO₂: Desenhos, Hibridação, Forma, Cargas, Par e Fatos Detalhados. Disponível em: <<https://pt.lambdageeks.com/sio2-lewis-structure-drawings/>>. Acesso em: 23 set. 2023.

MAGALHÃES, Mario Osorio. Opulência e Cultura na Província de São Pedro do Rio Grande do Sul: um estudo sobre a história de Pelotas (1860-1890). 1993.



ALMEIDA, Liciane Machado; DE SOUZA BASTOS, Michele. A experiência da cidade de Pelotas no processo de preservação patrimonial. Revista CPC, n. 2, p. 96-118, 2006.

GLIER, Alex; TRINDADE, Rafael Scheer. O emprego de polímeros em revestimentos hidrofóbicos, super-hidrofóbicos e autolimpantes: uma revisão da literatura. Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas, v. 21, n. 2, p. 59-74, 2020.

DA SILVA FERREIRA, Emanuely; RAVACHE, Rosana Lia. Preservação do patrimônio histórico. CONNECTION LINE-REVISTA ELETRÔNICA DO UNIVAG, n. 24, 2021.

FERREIRA, Lúcia Marisa Vieira. Revestimentos hidrofóbicos. 2013. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Normais Climatológicas Mensais do Período 1971/2000, Estação Agroclimatológica de Pelotas. Disponível em:
<<https://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/informacoes/clima-de-pelotas/>> . Acesso em:
2 out. 2023.

Cappelari, Emili & Giordani, Caroline & Dapper, Silvia & Masuero, A.B.. (2020). Influência da resistência à compressão na molhabilidade superficial de concretos. Matéria (Rio de Janeiro). 25. 10.1590/s1517-707620200001.0907.