



28 - AVALIAÇÃO DO USO DE UM COMPOSTO HÍBRIDO COMO AGENTE PROTETIVO E ANTIBACTERIANO EM TANQUES DE ÁGUA POTÁVEL CONSTRUÍDOS EM CONCRETO

Aline Regina Godinho de Oliveira

Engenheira Química (UNISOCIESC, 2015). Doutoranda em Engenharia Química (UFSC).

Endereço: Rua XV de Novembro, 3950 - Glória - Joinville - Santa Catarina - CEP: 89216-600 - Brasil - Tel: + 55 (47) 99661-2761 - E-mail: aline.godinho@aguasdejoinville.com.br

RESUMO

A necessidade de que novos produtos criados cientificamente sejam empregados na resolução de problemas e no melhoramento de processos e atividades comuns na sociedade existe, e por isso que o presente trabalho teve como objetivo principal validar o uso de um composto híbrido para revestimento de concreto, em especial em tanque de contato de estação de tratamento de água. O composto híbrido em questão é um oligossilazano comercialmente disponível (ML33) que foi funcionalizado com nanopartículas de prata (AgNP), espera-se que o produto atue como revestimento protetivo e antibacteriano. Após testes de ângulo de contato e análise de crescimento microbiológico, foi possível concluir que o revestimento é capaz de deixar a superfície do concreto hidrofóbica e com propriedades antibacterianas.

PALAVRAS-CHAVE: Revestimentos protetivos; Revestimentos antibacterianos; Tanques de concreto.

INTRODUÇÃO

Os materiais híbridos, que são em resumo a combinação de compostos orgânicos e inorgânicos em escala molecular, têm grande destaque por oferecer ótimos efeitos da combinação sinérgica das diferentes características dos componentes de origem, podendo até apresentar novas propriedades resultantes da mistura dos reagentes, e é exatamente esse consórcio das propriedades que supre as necessidades encontradas em processos reais [1].

Estruturas de concreto são amplamente utilizadas na sociedade, encontram-se em obras residenciais, comerciais, de infraestrutura e também na esfera industrial [2]. Na área industrial além de toda a estrutura de suporte e de abrigo, o concreto pode ser usado na fabricação de equipamentos como fornos e moinhos. Há uma atividade de grande importância na sociedade que utiliza o concreto na fabricação das suas instalações, a atividade de tratamento de água e esgoto, ou seja, o saneamento. O saneamento utiliza o concreto na fabricação da maioria das suas estruturas: gradeamento, calha Parshall, caixa de areia, galerias, decantadores, adensadores, leitos de secagem, reatores, tanques de contato, tanques pulmão e etc.

Apesar do seu amplo uso o concreto possui algumas limitações, e um aspecto que requer atenção é o processo de corrosão que ocorre no material, em especial no concreto armado, devido a presença das barras de ferro que são adicionadas no seu interior para o aumento da resistência da estrutura. O processo de corrosão no concreto causa a deterioração da estrutura, sendo assim qualquer estrutura de concreto precisa de manutenção ao longo de sua vida útil e/ou do emprego de agentes protetivos, para evitar a precoce inutilização da mesma [3].

Uma maneira de prolongar a vida útil dessas estruturas é revesti-las superficialmente [4], e este estudo prevê a utilização de um composto híbrido para esse recobrimento. O revestimento em teste é sintetizado a partir de um oligossilazano comercialmente disponível (ML33), nitrato de prata e dimetilformamida (DMF) como solvente. A ação do ML33 e do DMF sobre o nitrato de prata dará origem a redução da prata e a formação das nanopartículas do metal, com isso a resultante é um material híbrido com nanopartículas de prata incorporadas. A intenção desse trabalho é que o revestimento proteja o substrato atuando como barreira física e como barreira biogênica, pela ação do polissilazano (ML33) e das nanopartículas de prata, respectivamente.

OBJETIVO



Explorar a aplicação de um material híbrido como revestimento protetivo e antibacteriano, visando a manutenção da integridade de tanques de contato para tratamento de água potável.

MATERIAIS E MÉTODOS

- *Materiais*

O comercial, oligossilazano líquido ML33, foi adquirido da Merck KGaA (Alemanha). Nitrato de Prata (AgNO_3) e Dimetilformamida (DMF) foram fornecidos pela empresa Sigma Aldrich (Brasil).

- *Síntese de nanopartículas de prata*

As nanopartículas de prata (nAg) foram sintetizadas empregando um método similar ao disponível na literatura [5]. Em um procedimento típico, 0,008g do precursor metálico (AgNO_3) foi dissolvido em 16ml do solvente. Depois da completa solubilização (~10 min), 1,4g de ML33 é adicionado no béquer e a solução é dispersada usando uma ponteira sonicadora (Fisher – Scientific – Ultrasonic Dismembrator 500, 400 W), com 70% de amplitude por 4 minutos (com intervalo de 30s a cada 1 minuto). A solução encontrava-se em um banho de gelo para controle da temperatura. O composto sintetizado foi denominado ML33Ag.

- *Caracterização da Síntese*

A espectroscopia de UV-Visível foi obtida no Hitachi Spectrophotometer, modelo U1900 (Hitachi High Technologies, Japan). Os espectros foram coletados de 300-600nm usando uma largura de fenda de 1nm e uma velocidade de 200nmmin-1. Para cada análise, cerca de 03 ml das amostras foram medidas numa cuvete de quartzo padrão; todas as amostras tiveram que ser diluídas em DMF 20 vezes, devido à alta concentração das nanopartículas de prata.

- *Preparação de amostras*

Os corpos de prova de concreto possuíam tamanho padrão de 200 mm de altura e 100 mm de diâmetro e foram confeccionados em cimento CP IV com fator água/cimento de 0,55, agregados de brita classificados como sendo de tamanho 0 e 1, possuindo um Fck de 35MPa. Para maior praticidade nos testes as amostras foram cortadas para obtenção de discos com o mesmo diâmetro variando na altura de 10 a 50 mm. As amostras não receberam nenhum pré tratamento para os testes, e sobre elas foi aplicado o revestimento ML33Ag, ou apenas o oligômero ML33 diluído em DMF. A aplicação foi realizada com auxílio de pincel. O processo de secagem (cura) de todas as amostras não utilizou estufa, apenas temperatura, luz e umidade ambiente.

- *Caracterização do revestimento*

Para a caracterização do revestimento sobre a superfície de concreto foram empregados os testes de ângulo de contato e de crescimento microbiológico.

- ✓ *Ângulo de contato*

As medidas de ângulo de contato com água foram realizadas na Central de Análises do Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina, em um goniômetro da marca Ramé-Hart Instrument Co., modelo Ramé-Hart 250, utilizando o método da gota sêssil. Todas as medidas foram realizadas em triplicata. O volume da gota utilizada foi de 10 μL e os testes ocorreram a temperatura ambiente. As amostras analisadas foram revestidas com ML33 e ML33Ag, a medida em amostra sem revestimento não é possível pois a superfície do concreto absorve todo o volume da gota.

- ✓ *Crescimento microbiológico*

O teste foi realizado no Laboratório de Controle de Qualidade da Companhia Águas de Joinville, o microrganismo selecionado foi a *Escherichia Coli*, sendo obtido da *Sigma Aldrich*, contendo em cada disco cerca de 1000 UFC, o qual foi diluído em 2 mL de água estéril, resultando numa concentração de 500 UFC/mL. Na análise foram empregados dois discos de concreto revestidos – o concreto sem revestimento não permite a permanência da gota em sua superfície, pois todo o volume adicionado é absorvido. Um dos discos foi revestido com ML33 e outro com ML33Ag. Em cada um dos discos foram dispensadas 9 alíquotas de 80 μL cada, sendo 3 alíquotas para cada tempo de contato estabelecido. Os tempos de contato foram: 10 e 20 minutos, isto porque o tempo de contato médio ocorrente em tanques de contato é comumente definido nessa faixa. Decorrido os tempos pré-determinados, foi retirada de cada alíquota outras alíquotas de menor volume para a semeadura em superfície sobre agar PCA. Os volumes retirados do disco revestido com ML33 estão relacionados na Tabela 1, e para o disco revestido com ML33Ag todas as alíquotas semeadas em agar PCA foram de 40 μL . Após a semeadura as placas foram deixadas em incubadora a $35 \pm 1^\circ\text{C}$, pelo período de 48h. Decorrida as 48h foi realizada a contagem de colônias em contador de colônias manual. O experimento foi acompanhado com controles positivos.



Tabela 1: Volume das alíquotas semeadas em placa de ágar PCA

Alíquotas do disco revestido com ML33	Volume (μL)
1	20
2	10
3	40
4	20
5	30
6	15

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- *Caracterização da síntese*

A caracterização da reação foi realizada por UV-Visível e é apresentada na Figura. 1.

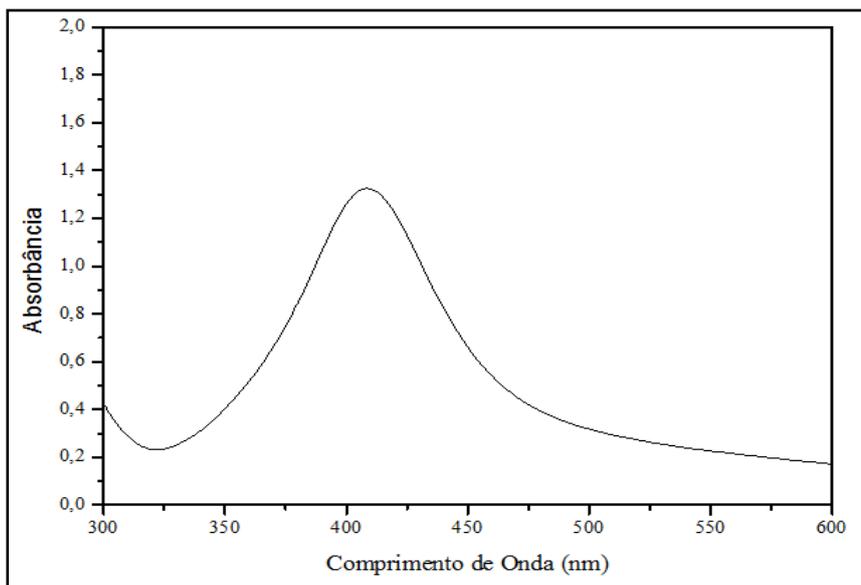


Figura 1: Espectro UV-Vis da reação sintetizada

O resultado do UV-Vis é capaz de garantir a presença de nanopartículas de prata pelo pico apresentado em 408/409nm. Também é possível ter uma noção do tamanho das partículas formadas já que para picos em comprimento de onda menor espera-se um menor tamanho das nanopartículas formadas, cerca de 20 nm [6-7].

- *Ângulo de contato*

A hidrofobicidade das amostras de concreto revestidas com ML33 ou ML33Ag foram analisadas por medidas de ângulo de contato utilizando um goniômetro e os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 2:

Tabela 2: Ângulo de contato com água

Amostra	Ângulo
ML33	121,1
ML33Ag	127,1

Todos os resultados apresentaram ângulo superior a 90°, o que classifica as superfícies como hidrofóbicas. Este efeito é justificado pelo tipo de reação que ocorre entre a superfície do substrato (concreto) e o revestimento. Os grupos S-H do revestimento se ligam fortemente, ligação química, aos grupos O-H do substrato, e essa ligação vai expor os grupos CH₃ do revestimento para a superfície criando então a hidrofobicidade [8-9]. Ao analisar a diferença obtida entre a amostra revestida com ML33 e amostra revestida com ML33Ag, observa-se uma leve variação, em média 6° maior para o revestimento com AgNP, assim a adição de nanopartículas de prata não ocasionou a redução da hidrofobicidade do revestimento, e entende-se que as pequenas oscilações nas medidas do ângulo de contato possivelmente são geradas pelo método de aplicação (Figura. 2).



Figura 2: Gotas sobre a superfície de concreto revestido – a esquerda ML33 e a direita ML33Ag

- *Crescimento microbiológico*

Neste ensaio foi avaliado o comportamento antibacteriano da superfície através do contato da bactéria *E. coli* com a superfície do concreto revestido. Foi testado o concreto revestido com ML33 e ML33Ag e esperava-se que o revestimento contendo as AgNP atuasse como agente redutor do crescimento das colônias do microrganismo. Foi calculada uma média de crescimento para cada revestimento e seu respectivo tempo de contato, conforme pode-se observar na Tabela 3.

Avaliando os resultados é possível afirmar o potencial bactericida do revestimento ML33Ag. Em ambos os tempos de contato houve redução do crescimento de colônias de bactérias em relação aos controles positivos. Os resultados obtidos vão de encontro ao que está disponível na literatura: um revestimento incrementado com AgNP obteve redução do crescimento das colônias de *E. Coli* na aplicação sobre aço marinho [10].

Tabela 3: Médias de crescimento

Amostra	Tempo de contato (minutos)	Média (UFC/80µL)
Controles positivos	-	16
ML33	10	29
ML33Ag	10	13
ML33	20	21
ML33Ag	20	09

CONCLUSÃO

A utilização do material híbrido ML33Ag como revestimento em substratos de concreto foi testada e apresentou resultados promissores. O efeito do revestimento sobre a hidrofobicidade da superfície foi positivo, alcançando 127° de ângulo de contato. O teste de inibição de crescimento de bactérias demonstrou a atividade antimicrobiana do revestimento, reduzindo em quase 44% o crescimento das colônias de *E. coli.*, num tempo de contato de 20 minutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ZOPPI, R. A; NUNES, S. P. Uso do processo sol-gel na obtenção de materiais híbridos organo-inorgânicos: preparação, caracterização e aplicação em eletrólitos de estado sólido. *Polímeros*, v. 7, n. 4, p. 27–36, 1997.



2. HELENE, P. *Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto*. PINI, 2ª ed. São Paulo, 1992.
3. GJØRV, O. E. *Projeto de durabilidade de estruturas de concreto em ambientes de severa agressividade*. In: FIGUEIREDO, E. P.; HELENE, P. Ed. *Oficina de Textos*. São Paulo, 2015.
4. BERTOLINI, L. *Materiais de construção: Patologia, Reabilitação e Prevenção*. HELENE, P. *Oficina de Textos*, 2010.
5. BATTISTTON, S. Incorporação de nanopartículas de prata em matriz de polissilazano e sua aplicação como revestimento antibacteriano em substratos metálicos. Florianópolis: Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal De Santa Catarina, 2018. Dissertação Mestrado.
6. MULFINGER, L. et al. Synthesis and Study of Silver Nanoparticles. *Journal Chem. Educ.*, v. 84, n. 2, p. 322, 2007.
7. STAMPLECOSKIE, K. G. et al. Optimal Size of Silver Nanoparticles for Surface-Enhanced Raman Spectroscopy. *Growth Lakeland*, v. 115, n. 5, p. 1403–1409, 2011.
8. CHEN, Y. K. et al. Fabrication of superhydrophobic silica-based surfaces with high transmittance by using tetraethoxysilane precursor and different polymeric species, *Appl. Surf. Sci.* v. 255 8634–8642, 2009.
9. GÜNTNER, M. et al. Particle-Filled PHPS silazane-based coatings on steel. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, v. 6, n. 3, p. 373–380, 2009a.
10. HUANG, X. et al. Preparation of a novel antibacterial coating precursor and its antibacterial mechanism. *Applied Surface Science*, v. 465, p. 478 – 485. 2019.