

UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMERO (RESÍDUO DA INDÚSTRIA PESQUEIRA) NA FORMA DE CÁPSULAS COMO PORTADORES DE BACTÉRIAS EM BIOCONCRETO

Desenvolvimento Urbano e Rural

Caroline Moraes da Cruz¹

Sylma Carvalho Maestrelli²

Victor Dédalo Di Prospero Gonçalves³

Eliana Cristina da Silva Rigo⁴

Resumo (máximo 250 palavras)

O concreto é um material compósito vastamente utilizado em construção civil devido à sua alta resistência mecânica, porém sua baixa resistência à tração pode causar fissuras e reduzir sua vida útil. Bactérias têm sido estudadas visando a cura de fissuras através da biomineralização, porém elas devem ser protegidas para adição na matriz do concreto. A quitosana, que é um resíduo da indústria pesqueira, pode ser utilizada na forma de esferas para proteger as bactérias, visto que ela é biocompatível e armazena água para propiciar as reações metabólicas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de cápsulas de quitosana nas propriedades físicas e mecânicas de argamassas. Foram avaliadas formulações com 0,5%, 1,0% e 1,5% de adição de cápsulas, com e sem compensação granulométrica, a fim de determinar qual o percentual ideal de cápsulas que permita a manutenção das propriedades da argamassa e a viabilização da autocura. Os resultados obtidos indicam que as fórmulas com compensação granulométrica apresentam propriedades reológicas, físicas e mecânicas superiores às sem compensação. As formulações com adição de 0,5% e 1,0% de cápsulas, ambas com compensação granulométrica, apresentaram os melhores conjuntos de resultados, mantendo as propriedades da formulação padrão, e são indicadas para testes com bactérias.

Palavras-chave: Concreto; Autocura; Sustentabilidade; Biomineralização; Quitosana

¹ Aluna do Curso (Doutorado em Engenharia e Ciência de Materiais), FZEA-USP, carolmoraescruz@usp.br.

² Profa. Dra. da UNIFAL-MG – Campus Poços de Caldas, ICT, sylma.maestrelli@unifal-mg.com.br.

³ Aluno do Curso (Engenharia de Alimentos), FZEA-USP, victordedalo@usp.br.

⁴ Profa. Dra. da FZEA-USP – Departamento: Ciências Básicas, eliana.rigo@usp.br.

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação mundial acerca da sustentabilidade estimula os cientistas a buscar diversas alternativas para reduzir a utilização de recursos naturais. Contabilizando-se o consumo de matérias-primas, água, energéticos e mão-de-obra, além dos resíduos e poluição gerados, estima-se que a construção civil consuma de 40 a 75% dos recursos naturais do planeta (BAUER, 2019).

Argamassas são materiais de construção compósitos, formados pela combinação de agregados miúdos, cimento Portland e água (BAUER, 2019). O tratamento ativo de fissuras é capaz de preencher fissuras internas e externas (WANG; DE BELIE; VERSTRAETE, 2012a). O desenvolvimento das propriedades de vedação de fissuras contribui para diminuir a deterioração, estender o tempo de serviço, reduzir o custo e a frequência de manutenção, resultando em estruturas mais sustentáveis (LI; HERBERT, 2012).

Para o tratamento ativo utilizando bactérias, é realizada a produção de carbonato de cálcio através do mecanismo de biomineralização (SEIFAN; SAMANI; BERENJIAN, 2016). A vantagem da utilização de hidrogel como portador dos esporos de bactérias é que ele funciona como um reservatório de água, providenciando água em períodos de seca para promover a atividade metabólica (LEE; PARK, 2018). A quitosana é um tipo de hidrogel que é um resíduo da indústria pesqueira, produzida a partir da quitina retirada de restos de camarão e siri, e apresenta potencial como portadora de bactéria devido às suas propriedades, tais como biodegradabilidade, biocompatibilidade e hidrofiliçidade (MOURA et al., 2006).

Objetiva-se com o trabalho avaliar a eficácia da adição de cápsulas de quitosana, preparadas através dos métodos de gelificação ionotrópica para adição em formulações de argamassa, e avaliar sua influência nas propriedades do material fresco e endurecido.

METODOLOGIA

Para preparação das cápsulas, foi utilizada quitosana 85% de grau de desacetilação (Polymar Ciência e Nutrição) e tripolifosfato de sódio grau técnico (Indústria Química

Anastácio). A solução de quitosana (QS) 2% (m/v) foi preparada em solução de ácido acético 1% (v/v), sob agitação mecânica até completa dissolução. Essa solução foi gotejada em solução de tripolifosfato de sódio (TPP) 2% (m/v) para a formação das esferas. Após a precipitação, as esferas foram secas a 110°C durante 3 horas para posterior incorporação na formulação de argamassa.

Para a preparação das formulações de argamassa, utilizou-se cimento Portland CP-II E 25, do fornecedor Cauê, areia normal nas granulometrias Grossa, Média Grossa, Média Fina e Fina, do fornecedor IPT, e as esferas de quitosana. Foram preparadas formulações com a incorporação de 0,5%, 1% e 1,5% de cápsulas de quitosana sobre a massa de cimento adicionada, sem (AQ-0,5, AQ-1,0 e AQ-1,5) e com compensação granulométrica (AQ-0,5C, AQ-1,0C e AQ-1,5C) pela retirada da quantidade correspondente da areia cuja granulometria é mais próxima das cápsulas, as quais foram comparadas à formulação normal (AQ-N).

Os testes para verificação das propriedades da argamassa foram realizados em concordância às normas ABNT NBR 16738:2019. Para cada formulação foram avaliadas as propriedades reológicas através de ensaio de fluidez. Em seguida, foram moldados corpos de prova prismáticos de 160x40x40 mm, sendo preparados três corpos de prova por idade (3, 7, 28 e 91 dias). Após a desmoldagem, os corpos de prova foram mantidos em água até a determinação das propriedades físicas e mecânicas.

Análise estatística de todos os resultados foi realizada para as medidas de densidade absoluta (DA), resistência à flexão à temperatura ambiente (RFTA) e resistência à compressão à temperatura ambiente (RCTA) em cada idade (3, 7, 28 e 91 dias). Foi realizada análise de variância multivariada, com $\alpha = 0,05$. Os testes foram seguidos por análise de variância individuais para cada propriedade, e testes *post hoc* com correções de Bonferroni e de Tukey (FIELD; MILES; FIELD, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades Reológicas

Com relação à fluidez, as fórmulas com compensação granulométrica apresentam

valores de fluidez mais altos que as fórmulas sem compensação. Ainda, as formulações AQ-0,5C e AQ-1,0C possuem valores muito próximos ao encontrado para a formulação normal, o que confirma que a compensação granulométrica é necessária para manter as propriedades originais da argamassa. Para as formulações com 1,5% de adição de cápsulas, no entanto, nota-se que a fluidez é afetada, indicando um possível início de segregação.

Propriedades Físicas e Mecânicas

Com relação à densidade, a formulação AQ-N em geral apresenta os maiores valores observados. As formulações AQ-0,5, AQ-0,5C, AQ-1,0 e AQ-1,0C possuem valores de densidade médios próximos entre si, e ligeiramente inferiores à formulação AQ-N. As formulações AQ-1,5 e AQ-1,5C resultaram nos menores valores de DA nas idades observadas. Quanto à resistência à flexão, ao longo das idades analisadas, as formulações AQ-N, AQ-0,5 e AQ-0,5C apresentaram os maiores valores observados. As formulações AQ-1,0 e AQ-1,0C retornaram valores médios de RFTA, e as formulações AQ-1,5 e AQ-1,5C tiveram os menores valores de RFTA, além de grande variabilidade nos resultados.

Para a resistência à compressão, as formulações AQ-N, AQ-0,5 e AQ-0,5C apresentaram comportamento similar, e os maiores resultados observados. A formulação AQ-1,0C apresentou valores médios de RCTA nas idades analisadas, assim como a formulação AQ-1,0, porém a última apresentou mais variabilidade. As formulações AQ-1,5 e AQ-1,5C apresentaram muita variabilidade para que seja possível detectar um padrão ao longo das idades.

Em todas as idades analisadas foi observada também grande variabilidade nos dados das formulações AQ-1,5 e AQ-1,5C. Tal variabilidade pode estar associada à segregação e/ou falta de homogeneidade na distribuição das cápsulas.

Análises estatísticas nas três propriedades para cada idade analisada indicaram efeito significativo da formulação no conjunto de resultados obtidos. As formulações que apresentaram os melhores conjuntos de resultados foram AQ-0,5C e AQ-1,0C. As formulações AQ-0,5, AQ-1,0 e AQ-N também tiveram bons resultados. Os resultados obtidos são comparáveis aos da literatura (WANG et al., 2018), onde foram observadas reduções de 5 a 20% na resistência mecânica após a adição de 0,5% a 2% de cápsulas.

CONCLUSÕES

Pode-se observar que os melhores resultados foram obtidos para as formulações AQ-0,5, AQ-0,5C e AQ-1,0C. Como tendência geral, observa-se que a compensação tende a melhorar os resultados obtidos em cada propriedade.

A utilização de biopolímero, oriundo da indústria pesqueira, para o encapsulamento de bactérias aplicado na autocura de concretos tem um enorme potencial de uso, o que pode favorecer uma maior durabilidade e menor custo de manutenção dos concretos no cotidiano.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16738: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2019.

BAUER, L.A.F. Materiais de Construção. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

FIELD, A.; MILES, J.; FIELD, Z. Discovering Statistics Using R. Sage: Londres, 2012.

LEE, Y. S.; PARK, W. Current challenges and future directions for bacterial self-healing concrete. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 102, n. 7, p. 3059-3070, 2018.

LI, C.V.; HERBERT, E. Robust self-healing concrete for sustainable infrastructure. *Journal of Advanced Concrete Technology*, v. 10, n. 6, p. 207-218, 2012.

MOURA, C. et al. Quitina e quitosana produzidas a partir de resíduos de camarão e siri: Avaliação do processo em escala piloto. *Vetor*, v. 16(1/2), p. 37-45, 2006.

SEIFAN, M; SAMANI, A. K.; BERENJIAN, A. Bioconcrete: next generation of self-healing concrete. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 100, n. 6, p. 2591-2602, 2016.

WANG, J.Y.; DE BELIE, N.; VERSTRAETE, W. Diatomaceous earth as a protective vehicle for bacteria applied for self-healing concrete. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, v. 39, n. 4, p. 567-577, 2012.

WANG, J. et al. A chitosan-based pH-responsive hydrogel for encapsulation of bacteria self-healing concrete. *Cement and Concrete Composites*, v. 93, p. 309-322, 2018.