



XIV Semana de Iniciação Científica

28 e 29 de setembro

BIOCONCRETO: minimizador de patologias previstas em obras subterrâneas e litorâneas, minorando posteriores custos direcionados a manutenções estruturais

Sabrina Maria Castro Cordeiro¹; Emanuel Vinícius Silva Andrade¹; Jhonathas Farias de Carvalho¹; Pedro Eduardo Simão Bezerra¹; Maysa Memória Martins²

RESUMO

O concreto tradicional é o uma matéria largamente usada na construção civil devido suas propriedades mecânicas, como a sua resistência e durabilidade, entretanto, há uma série de patologias que se fazem presentes, principalmente, em estruturas localizadas em meios aquosos. Diante disso, o presente artigo faz uma revisão bibliográfica sobre a utilização do bioconcreto como uma alternativa sustentável e econômica na Engenharia Civil. Nesse contexto, o material citado surge como uma solução para a redução de manutenção, uma vez que, as bactérias presentes no material têm a capacidade de metabolizar compostos orgânicos e produzir carbonatos de cálcio na presença de água, preenchendo futuras fissuras, promovendo uma espécie de auto-reparo e permitindo uma maior vida útil ao concreto, fazendo assim, com que haja uma economia significativa em inspeções, principalmente em obras subterrâneas e litorâneas, visto que, são áreas de amplo contato com água. Ademais, com a diminuição de reparos estruturais frequentes, minoramos possíveis acidentes durante assistências, permitindo uma maior segurança aos operadores.

Palavras-chave: Bioconcreto. Economia. Manutenções.

¹ Graduandos de Engenharia Civil e ² Docente em Engenharia Civil – Christus Faculdade do Piauí.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Freitas *et al.* (2021), o concreto armado é o principal tipo de concreto usado na construção civil. Este material quando bem calculado e executado pode fazer com que uma construção dure mais de 50 anos ou até mesmo, séculos. Porém, como toda estrutura, o concreto armado também sofrerá patologias ao longo de sua vida útil, como fissurações e trincas. O bioconcreto vem sendo testado e utilizado para diminuir essas ocorrências indesejadas (Rodrigues, 2018).

As bactérias em contato com o carbonato iniciam um processo de cristalização preenchendo as falhas de fluência e intempéries do concreto. Os primeiros estudos foram realizados no século XIX, e apenas meados do século XX foram detectadas as primeiras cristalizações com CaCO_3 e apenas na década de 90 estudiosos conseguiram restaurar uma fissura por meio deste método de concreto auto regenerável (Koga; Santos; Nunes, 2020).

Fora o efeito antiestético, a estrutura fissurada apresenta risco real, risco este que o concreto auto-reparável busca precaver de evolução, quando fissurada, a estrutura abre caminhos através das aberturas para agentes nocivos, como os agentes do intemperismo. Portanto, na tentativa de abolir ou reduzir os problemas das construções de concreto armado, empresas estão tornando-se mais adeptas ao uso (Gonçalves *et al.*, 2019).

Ademais, vale ressaltar que, na composição do bioconcreto temos a presença de bactérias que são devidamente ativadas quando entram em contato com os agentes mais nocivos ao concreto armado: água e oxigênio. Assim, se a estrutura desperta o processo de degradação, as bactérias presentes nela, iniciam seu regime de regeneração (Freitas *et al.*, 2021).

Dessa forma, visando uma estrutura de alta resistência, capaz de resistir aos esforços solicitados, sustentável, com baixa necessidade de manutenções, o presente estudo objetiva realizar uma revisão de literatura a respeito do comportamento do insumo apresentado em obras subterrâneas e litorâneas. Ademais, será abordado fatores econômicos e comparativos orçamentários.

2 OBJETIVOS

- Compreender a utilização do bioconcreto nas novas instalações, avaliando sua relação com a sustentabilidade e economia. Entendendo assim, de maneira geral, como o comportamento do material pode afetar positivamente nos resultados profissionais e quais seus principais impactos arquitetônicos em longo prazo.

- Entender a funcionalidade do bioconcreto, e como o mesmo pode contribuir na diminuição de fissuras nas estruturas das obras civis, expondo o porquê tornou-se método-solução rápido, ativo e de grande eficiência em relação ao concreto convencional.
- Mostrar a genialidade do processo químico de sua operação, e como o mesmo auxiliará na sustentabilidade de um projeto, visando uma maior qualidade ambiental, afetando de forma positiva, o social.
- Transparecer as estruturas que absorveriam os principais benefícios do bioconcreto, evidentes assim, na aplicabilidade e vantagens superiores.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico da presente pesquisa foi estruturado em cinco tópicos, a saber: a funcionalidade do concreto tradicional e como pode ser aplicado nas construções; o bioconcreto e sua eficiência; manutenções do usual; patologias frequentes; estruturas pré-requisitadas para o processo em questão e viabilidade econômica.

3.1 O concreto tradicional

O concreto, em geral, é toda massa produzida através do uso de um meio cimentante. Habitualmente, ele é produto da reação entre cimento e água, entretanto, nos dias atuais essa mistura pode ser dada à uma vasta gama de materiais disponibilizados pela indústria mundial (Ribas, 2019). Seguindo essa lógica, Araújo *et al.* (2019) afirma que o concreto passa por algumas outras misturas, como é o caso dos agregados, que por sua vez são utilizados na produção do concreto e têm como objetivo aumentar o volume do material visando uma redução no custo, esses materiais podem ser britas, areia ou pedras.

O concreto pode possuir uma grande diversidade de compostos aditivos, criando variados compósitos. Dentre os materiais utilizados, podemos citar: cinza volante, escória de alto forno, sílica ativa, agregados de concreto reciclado, polímeros e fibras. Por outro lado, essas estruturas, quando submetidas à várias condições, podem carregar uma série de patologias, como fissuras. (Ribas, 2019).

A causa, por sua vez, ocorre mais frequentemente por excesso de carga. Seguindo o citado, fissuras são consideradas graves quando superam o marco de 0,3 mm a 0,4 mm. Porém, como dito anteriormente, devemos tratar todas como graves, visto que se não tratadas, as

mesmas são capazes de contribuir diretamente com corrosões em sua área de aço, comprometendo assim, sua capacidade estrutural (Araújo *et al.*, 2019).

3.2 O bioconcreto

O bioconcreto foi desenvolvido em 2006 na Universidade Técnica de Delft na Holanda, seu criador foi Henk Jonkers. Por sua vez, o concreto armado tradicional que conhecemos e utilizamos no dia a dia passou a ser produzido de uma forma diferenciada, que fez com que o mesmo seja capaz de se regenerar. O material em questão é uma espécie de concreto convencional, mas com a adição de algumas bactérias e fungos específicos. (Araújo *et al.*, 2019).

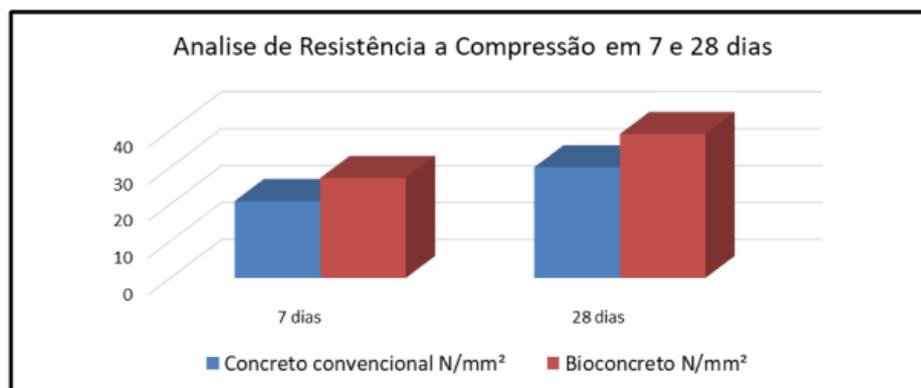
Para chegar no resultado esperado, utiliza-se um meio líquido com a presença da bactéria *Bacillus pseudofirmus* como uma solução de substrato e íons de cálcio. A enzima produzida pela bactéria hidrolisa a ureia que juntamente com os íons de cálcio são utilizados para formar o material. Assim, o cimento se torna coeso, criando uma massa sólida logo em seguida, afirmamos então, que bioconcreto está relacionado com atividades enzimáticas da cepa bacteriana (Balestra, 2020).

Além disso, um dos principais benefícios do bioconcreto está ligado à redução de custos com a recuperação da funcionalidade total, tendo em vista que ao ocorrer uma fissura, as bactérias presentes irão realizar precipitação de carbonato induzida microbiologicamente, facilitando as regenerações causadas por diversos elementos. (Balestra, 2020).

Ademais, Silva e Passarini (2017) estudaram a capacidade de regeneração, e concluíram que esse conceito ajudaria de forma positiva na redução de custos em manutenções, aumentando ainda mais sua utilidade. Avançando o conceito, além de todas as vantagens já citadas anteriormente por outros autores, o bioconcreto possui uma série de fatores que trariam privilégios à algumas estruturas específicas, pois diminuiria a necessidade de reparos em locais de difícil acesso e em estruturas localizadas em áreas de grandes intempéries (Freitas *et al.*, 2021).

Além disso, a partir de ensaios de flexão e compressão realizados em amostras de bioconcreto durante 21 dias, podemos analisar que houve um aumento significativo na sua resistência em relação ao ensaio de do concreto armado comum. O gráfico 01 a seguir apresenta os resultados obtidos por Marques (2018) através do ensaio de resistência à compressão em amostras de concreto simples e bioconcreto em 7 e 28 dias de idade.

Gráfico 01 - Ensaio de resistência à compressão em amostras de concreto simples e bioconcreto em 7 e 28 dias de idade



Fonte: Marques (2018)

Assim, podemos observar que o bioconcreto possui uma boa resistência quando comparado ao concreto tradicional, excluindo a hipótese de ele se comportaria de forma inferior quando comparássemos ao comum por meio de ensaios laboratoriais de compressão (Marques, 2018).

3.3 Patologias

A maioria das obras afetadas são as que estão em contato direto com o solo ou com as águas naturais ou de efluentes. Dessa forma, podemos citar as mais prejudicadas: estruturas de fundações, de sistemas de esgoto, em ambientes marinhos, subterrâneos, entre outras. O ataque por sulfatos pode ser notado no concreto pois cria partículas esbranquiçada, mudando a cor da peça, no início a deterioração começa pelos cantos e arestas, logo em seguida o concreto começa a fissurar e trincar (Zago, 2021).

Ademais, corrosão das armaduras é uma das patologias mais encontradas em estruturas de concreto armado, já que quando o aço entra em contato direto com a atmosfera e água, sua durabilidade e estabilidade são danificadas. Além disso, por mais que essa manifestação aconteça lentamente, se torna um problema cíclico para operadores e estratégicos. Também, vale ressaltar que a corrosão age de forma diferenciada em cada estrutura, dificultando seu diagnóstico e manutenção (Maciel; Barros; Giongo, 2019).

Levando em consideração que as estruturas que mais sofrem degradação e, por conseguinte, necessitam de uma mão de obra redobrada periodicamente são as localizadas em áreas com a presença de água e ar, ou seja, ambientes com alta taxa de criação de fissuras a longo e curto prazo, podemos deduzir que a melhor maneira de diminuir os custos futuros é utilizando o bioconcreto (Zago, 2021).

3.4 Manutenções

O estudo da vida útil do concreto tradicional tem evoluído juntamente ao estudo dos mecanismos que podem afetar o funcionamento do mesmo. Dessa forma, há necessidade de conhecer, avaliar e classificar o grau de agressividade do ambiente e de conhecer o concreto e a geometria da estrutura, estabelecendo assim a relação entre ambos, ou seja, entre a agressividade do meio e a durabilidade da estrutura (Munhoz *et al.*, 2022).

É importante salientar que, os custos de intervenção na estrutura crescem de forma diretamente proporcional com o tempo de espera para a intervenção, ou seja, com o aumento da vida útil, e dependendo do local em que a estrutura se encontra, mais deve-se haver manutenções, visto que as mesmas têm como princípio básico a diminuição de possíveis futuros problemas, garantindo a segurança estabelecida pelo imóvel (Munhoz *et al.*, 2022).

Tendo em vista todos os cuidados aplicados para que haja total aproveitamento do concreto, afirmamos que eles se tornam necessários pelo fato de haver diversos fatores que influenciam na instabilidade do mesmo (Meira, 2019). Dessa forma, segundo Pontes (2019) um dos principais fatores de deterioração seria a expansão por sulfatos que, estariam presentes na água do mar, nas águas servidas, nas águas industriais e nos solos úmidos e gessíferos, podendo acarretar reações deletérias de expansão.

4 METODOLOGIA

Foi utilizado o método de exploração de dados com o intuito de avaliar a aplicabilidade do bioconcreto em estruturas subterrâneas e litorâneas, observando também seus benefícios econômicos e físicos. O presente trabalho foi baseado em bibliografias, web sites, livros e artigos publicados na internet nacionais e internacionais. Afirmamos então que, não foi possível realizar testes laboratoriais devido à falta de acesso ao material em questão. Portanto, Todos os testes aqui abordados são teóricos, embasado no que foi pesquisado e publicado anteriormente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das pesquisas realizadas para a criação do presente trabalho, podemos obter alguns resultados e discutir a viabilidade do processo de uso do bioconcreto como minimizador de patologias previstas em obras subterrâneas e litorâneas, minorando posteriores custos direcionados a manutenções estruturais. A seguir, podemos observar alguns tópicos que se fazem necessários para a conclusão do estudo.

5.1 Estruturas subterrâneas e litorâneas

Tomando conhecimento de seus benefícios e sabendo que construções específicas são mais afetadas por intempéries, conclui-se que manutenções em alguns locais teriam um maior grau de dificuldade e inspeções frequentes, fazendo com que essas estruturas sejam as principais necessitadas da utilização do bioconcreto (Araújo *et al.*, 2019). Dessa forma, podemos observar as classes de agressividade ambiental no quadro 01 da NBR 6118 (2023).

Quadro 01 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fracá	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118 (2023)

A partir disso, podemos concluir que, áreas de classe de agressividade IV são as que mais necessitam da utilização do bioconcreto, visto que diminuiria a frequência de manutenções, podendo amenizar os custos a longo prazo (Araújo *et al.*, 2019).

5.6 Viabilização econômica

Segundo pesquisas realizadas por Araújo *et al.* (2019), foi gasto cerca de R\$ 439 mil em manutenção de viadutos, pontes, passarelas e túneis no Rio de Janeiro no ano de 2019. O levantamento de valores foi feito pelo gabinete de Teresa Bergher, no sistema Fincon (de execução orçamentária) e nas prestações de contas da prefeitura do Rio de Janeiro. Ademais, se levarmos em consideração o que o criador do bioconcreto sugeriu, se investíssemos 1% do valor total da obra em concreto regenerável, teríamos o investimento retornado em 4 anos.

Assim, segundo a pesquisa feita por Silva (2018), revelou-se que 69% dos problemas em construções civis estão ligadas diretamente a corrosão da armadura, causadas por exposição do aço, ou seja, ocasionadas primeiramente por trincas e fissuras, podendo ser evitados com a utilização do bioconcreto, comprovado por Zago (2021) anos após. Dessa forma, Silva (2018)

utilizou os 69% referente às patologias e transformou em economia, caso o concreto tradicional seja substituído pelo bioconcreto, como podemos analisar no quadro 02.

Quadro 02 - Economia com o uso do bioconcreto.

Ano	Despesas Manutenção	em	69% de economia	Valor Real Manutenção	da
		R\$	R\$		R\$
2010	1.352.000,00	R\$	932.880,00	419.120,00	R\$
2011	2.297.000,00	R\$	1.584.930,00	712.070,00	R\$
2012	5.651.000,00	R\$	3.899.190,00	1.751.810,00	R\$
2013	8.761.000,00	R\$	6.045.090,00	2.715.910,00	R\$
2014	4.800.000,00	R\$	3.312.000,00	1.488.000,00	R\$
2015	1.241.000,00	R\$	856.290,00	384.710,00	R\$
2016	1.759.000,00	R\$	1.213.710,00	545.290,00	R\$
2017	1.183.000,00	R\$	816.270,00	366.730,00	R\$

Fonte: Silva (2018)

Podemos, de acordo com o apresentado podemos extrair que em 7 anos, após somar os custos direcionados à reforço estrutural, poderíamos economizar cerca de R\$18.660.360,00 em manutenções utilizando o bioconcreto no lugar do concreto armado convencional.

6 CONCLUSÃO

Com base nos estudos citados anteriormente, é notória a grande vantagem que o bioconcreto traz consigo devido sua auto regeneração. Diante disso, foi possível concluir os benefícios resultantes do material estudado, como por exemplo, sua aplicação em estruturas adequadas onde o concreto convencional apresenta falhas.

Apesar de ser um material descoberto recentemente, ter pouca visibilidade na indústria e custo inicial elevado, a utilização aplicada em estruturas subterrâneas é capaz de trazer uma maior segurança para a peça e uma vida útil ainda maior se comparada com o concreto convencional, diminuindo manutenções e gastos futuros.

Portanto é possível afirmar diante dos estudos apresentados ao longo deste trabalho que o desenvolvimento e a aplicação do bioconcreto em estruturas adequadas será uma grande conquista para a construção civil, visto que há uma viabilidade econômica e grande eficácia.

REFERÊNCIAS

ABREU, B. G.; DE ARAÚJO, C. E. S.; ÓRFÃO, R. B.; AMARANTE, M. DOS S. BIOCONCRETO. **Diálogos Interdisciplinares**, v. 8, n. 2, p. 45-55, 3 jun. 2019.

BALESTRA, Carlos Eduardo Tino; OZELAME, Jennifer Stephane; SAVARIS, Gustavo. Efeito da adição de fibras de aço e poliméricas na resistência à compressão do concreto de ultra alto desempenho. **REEC–Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 16, n. 1, p. 26-35, 2020.

FREITAS, A. Ávila de; ROMÃO, E. M.; ANÍCIO, S. de O. .; BARROS, A. J. de . Bioconcrete: A review of its application in civil construction. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. e37210414270, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i4.14270. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14270>. Acesso em: 7 set. 2023.

FREITAS, Aurilaine et al. Bioconcreto: Uma revisão de sua aplicação na construção civil, 2023. Disponível em: Vista do Bioconcreto: Uma revisão de sua aplicação na construção civil (rsdjournal.org). Acesso em: 27 ago. 2023.

KOGA, Dyennifer Sakamoto; SANTOS, Lorrany Marques. Bioconcreto: autocicatrização do concreto pelo processo de biomineralização realizado por bactérias. **Pontifícia Universidade Católica de Goiás**. 2020. Disponível em em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/895>. Acesso em: 7 set. 2023.

MACIEL, Daniel Nelson; BARROS, Rodrigo; GIONGO, José Samuel. Comportamento de blocos de concreto armado sobre duas estacas com cálice parcialmente embutido: estudo experimental. 2019. **Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas**. Disponível em em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/30583>. Acesso em: 7 set. 2023.

MEIRA, Gibson Rocha; FERREIRA, Pablo Ramon Rodrigues. Revisão sobre ensaios acelerados para indução da corrosão desencadeada por cloretos em concreto armado. **Ambiente Construído**, v. 19, p. 223-248, 2019.

MUNHOZ, Guilherme et al. The influence of fly ash and neutral sodium silicate on concretes submitted to sulfuric acid attack. **Engineering Failure Analysis**, v. 141, p. 106673, 2022.

NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2023. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

PONTES, Victor Cunha Pereira. Efeitos dos sulfatos na degradação do concreto. 2019. **Universidade Federal da Paraíba**. Disponível em em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/17082>. Acesso em: 7 set. 2023.

RIBAS, Luíza Cardoso et al. Confiabilidade estrutural de pilares existentes de concreto armado: influência da perda de armadura de aço e da idade do concreto. 2019. **Universidade Federal de Minas Gerais**. Disponível em em: <http://hdl.handle.net/1843/39225>. Acesso em: 7 set. 2023.

RODRIGUES, Fabiana Passos. Desenvolvimento de concretos auto curáveis utilizando a bactéria Bacillus Megaterium. **Revista Científica UMC**, v. 3, n. 3, 2018.

SANTOS, Lucas. A autocura do concreto-uma revisão bibliográfica. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade Federal do Rio Grande do Norte**. Disponível em em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/50143>. Acesso em: 7 set. 2023.

SILVA, F. P. C.; PASSARINI, Victor de Carvalho. BIOCONCRETO: A TECNOLOGIA PARA CONSTRUÇÃO SUSTENTAVEL. **Complexo Educacional Faculdade Metropolitana Unidas**. São Paulo, Vol.5, N.2, JUL-DEZ, 2017 - pág. 41-58.

ZAGO, Alan de Freitas. Estudo comparativo entre métodos de recuperação de estruturas com processos de autocura: Bioconcreto e Concreto Autocicatrizante. 2021. Disponível em em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/19419>. Acesso em: 7 set. 2023.