



BIOCONCRETO E SUA APLICABILIDADE NA RECUPERAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

BIOCONCRETE AND ITS APPLICABILITY IN THE RECOVERY OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN CIVIL CONSTRUCTION

Lúcio de Barros Costa¹
Felipe Galvão Correia Lima²
Gustavo Soares Leite³
Rosana Andrea Coelho Mergulhão⁴
Rosângela Guimarães de Oliveira⁵

RESUMO

Estruturas de concreto armado sempre necessitam de manutenção ou correção de problemas ao longo de sua vida útil, podendo ser onerosas por sua complexidade. O bioconcreto foi criado como uma solução eficaz para problemas patológicos na construção civil, através da associação da microbiologia à engenharia. O trabalho tem como objetivo geral, analisar a aplicabilidade do bioconcreto através de um estudo comparativo e de viabilidade na recuperação de microfissura, fissura e trinca nas estruturas de concreto armado. Trata-se de um estudo bibliográfico do tipo descritivo, analítico, comparativo com abordagem qualitativa. Os resultados obtidos apresentam que o bioconcreto destaca-se em muitos aspectos em relação ao concreto convencional, entre eles destaca-se a durabilidade, resistência e redução de custos de manutenção e reparos ao longo dos anos. No entanto, destaca-se a necessidade de mais conhecimentos sobre suas características, potenciais e aplicabilidades, bem como estudos demonstrativos que mostrem sua viabilidade técnico-financeira na economia de manutenções.

Palavras-Chave: Bioconcreto; Concreto Convencional; Manifestação Patológica.

¹Graduando de Bacharelado em Engenharia Civil. E-mail: luciobcosta72@gmail.com

²Graduando de Bacharelado em Engenharia Civil. E-mail: lipegalvao@hotmail.com

³Graduando de Bacharelado em Engenharia Civil. E-mail: gugas.l@hotmail.com

⁴ Professora orientadora e docente dos cursos de Engenharias da Faculdade Estácio. João Pessoa-PB. E-mail: rosana.mergulhao@estacio.br

⁵ Professora orientadora e docente dos cursos de Engenharias da Faculdade Estácio. João Pessoa-PB. E-mail: rosangela.oliveira@estacio.br

ABSTRACT

Reinforced concrete structures always need maintenance or problem correction throughout their useful life, which can be costly due to their complexity. Bioconcrete was created as an effective solution to pathological problems in civil construction, through the association of microbiology with engineering. The work has as general objective to analyze the applicability of bioconcrete through a comparative and feasibility study in the recovery of microcracks, cracks and cracks in reinforced concrete structures. This is a descriptive, analytical, comparative bibliographic study with a qualitative approach. The results obtained show that bioconcrete stands out in many aspects in relation to conventional concrete, among them the durability, strength and reduction of maintenance and repair costs over the years stand out. However, there is a need for more knowledge about its characteristics, potentials and applicability, as well as demonstrative studies that show its technical-financial feasibility in the maintenance economy.

Keywords: Bioconcrete; Conventional concrete; Pathological Manifestation.

INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil no mundo, no entanto, sua produção gera muitos poluentes e resíduos, no meio ambiente (BUNDER, 2016). De acordo com Kisku *et al.*, (2017), aproximadamente 80% da infraestrutura das construções mundiais são de concreto armado.

O concreto armado está sujeito a diversos tipos de intempéries físicas e químicas que influenciam diretamente em sua durabilidade. As estruturas de concreto têm apresentado ao longo do tempo necessidades de manutenções devido ao surgimento de manifestações patológicas. As microfissuras, fissuras e trincas, correspondem às patologias mais corriqueiras em estruturas de concreto, colaborando para a redução significativa de desempenho e durabilidade ao longo dos anos (KOGA; SANTOS; NUNES, 2020).

No intuito de apresentar uma solução eficaz para os referidos problemas patológicos na construção civil, foi desenvolvido o Bioconcreto, como uma tecnologia inovadora que propõe associar a microbiologia à engenharia civil, promovendo reparo de fissuras com carbonato de cálcio precipitado a partir de reações metabólicas de bactérias de autocura. Esse método não apresenta por propósito reabilitar estruturas construtivas que se encontram em estágio avançado de degradação (rachaduras); o objetivo é estender a vida útil do concreto, ao impedir que agentes corrosivos e degradantes consigam adentrar no elemento estrutural (MEDEIROS, 2020).

Destaca-se que o gasto inicial com o uso bioconcreto na construção civil, seria consideravelmente, menor do que os gastos com reparos, podendo-se resultar em uma economia de bilhões de reais, bem como contribui com a diminuição da produção dos gases poluentes na indústria do concreto (BEZERRA; PAULO; MAGALHÃES, 2017).

O bioconcreto apresenta na sua composição bactérias que produzem carbonato de cálcio (CaCO_3) através da liberação de hidróxido de cálcio quando o concreto é hidratado, por processo de biomineralização. Conforme Costa e Rodrigues (2018) estas bactérias são introduzidas no momento da fabricação do concreto ou dosagem e são denominadas pelos pesquisadores de “agente de autocicatrização”. Assim, quando as patologias ocorrem, as cápsulas são rompidas e as bactérias entram em contato com a água e começam a se alimentar do cálcio que reage com o carbono e produz o calcário, que por sua vez preenchem as fissuras existentes (SILVA; MELO, 2018). Portanto, essa nova tecnologia tem como propósito aumentar a durabilidade das estruturas, como também, diminuir o custo com conservação e manutenção (CARNEIRO; PELEGRINELLO, 2019).

Considerando que o concreto é essencial nas edificações e que ao longo do tempo sofre degradações ambientais e ações mecânicas, o que ocasiona a perda de sua resistência e durabilidade, introduzir o bioconcreto é uma iniciativa que pode resolver estes problemas e, embora esse concreto apresente um custo mais alto que o concreto convencional, a vantagem financeira é perceptível, pois diminui consideravelmente os gastos com manutenção nas obras, diminui necessidade da fabricação de cimento, por conseguinte, reduz os impactos ambientais (BRITO; SOUSA, 2020). Ressalta-se que o bioconcreto é uma tecnologia nova e pouco utilizada no Brasil, sendo um campo amplo de investimentos em pesquisa.

O artigo aqui apresentado tem como objetivo geral: Analisar a aplicabilidade do bioconcreto através de um estudo comparativo e de viabilidade na recuperação de microfissura, fissura e trinca nas estruturas de concreto armado. Como objetivos específicos: Descrever como vem sendo utilizado o bioconcreto na recuperação de microfissura, fissura e trinca nas estruturas de concreto armado; Apresentar a viabilidade técnica e econômica da utilização do bioconcreto nas estruturas de concreto armado; Comparar o bioconcreto e o concreto convencional, quanto ao desempenho estrutural, eficiência e durabilidade nas estruturas de concreto.

De acordo com Faustino, Assunção e Garcia (2020) a eficiência do bioconcreto é mensurada pela sua capacidade de autorregeneração, como também pelo aumento de sua

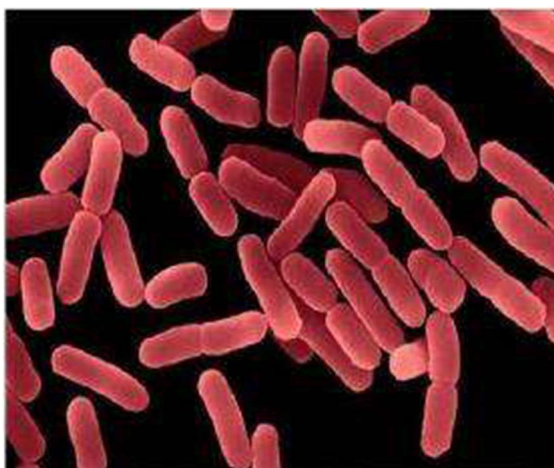
resistência à compressão e a capacidade de ganho significativo relacionado ao aumento da vida útil do material em relação ao concreto convencional.

A pesquisa é relevante uma vez que o mercado da construção civil está cada vez mais competitivo, portanto, investir em inovações tecnológicas torna-se primordial na indústria construtiva. O surgimento de novos materiais é imprescindível para contribuir significativamente na redução de impactos técnicos, ambientais e econômicos na área da engenharia. Portanto, o bioconcreto, desponta no mundo como uma tecnologia inovadora, pois o concreto utilizado tem a capacidade de autoregeneração, de modo que, apresenta uma maior durabilidade nas edificações, a fim de incentivar alternativas sustentáveis para ramo da construção civil.

PARTICULARIDADES DO BIOCONCRETO

Segundo Alves *et al.*, (2019), os primeiros estudos sobre o bioconcreto datam de 2007 e foram desenvolvidos pelo pesquisador e microbiologista Hendrik Marius Jonkers. O bioconcreto surgiu da observação realizada por Jonkers ao analisar que o corpo humano, incluindo a estrutura óssea, apresentava capacidade de autocura no caso de pequenas lesões e através desta análise teve a ideia de introduzir bactéria para fechar as fissuras e trincas no concreto. A bactéria usada por Jonkers foi a *Bacillus pseudofirmus* figura 1, que é encontrada, em lagos alcalinos, e regiões vulcânicas.

Figura 1: *Bacillus Pseudofirmus*.



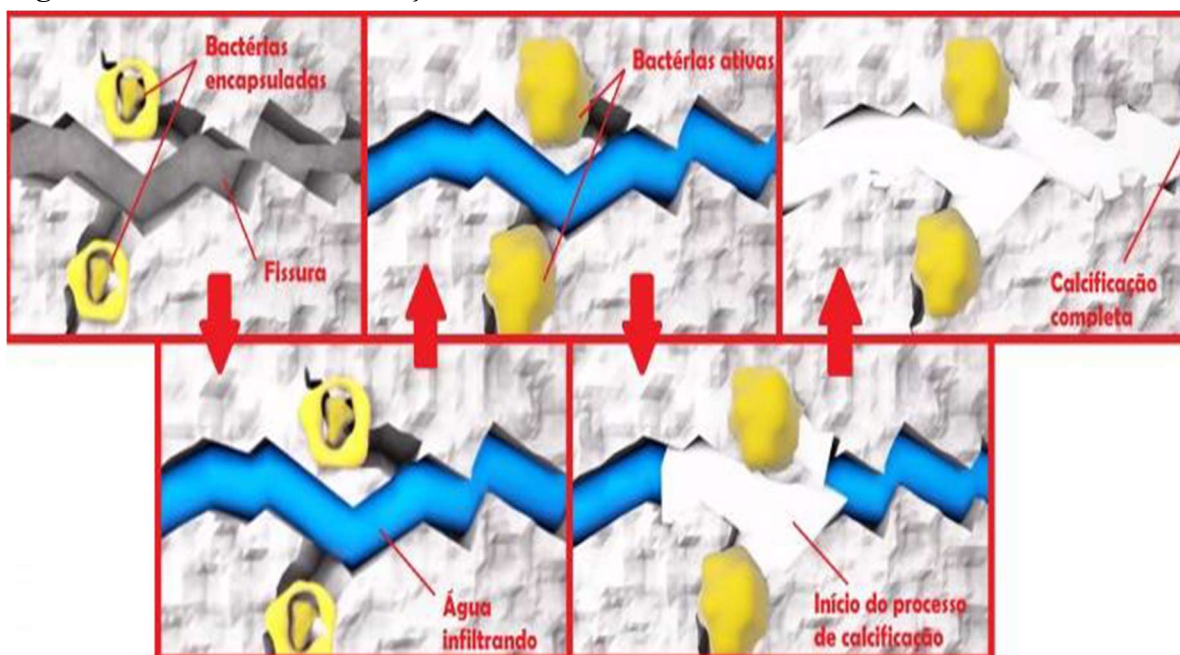
Fonte: THAKUR; HARDIYA (2019, p. 2).

O bioconcreto é composto por cápsulas contendo bactérias e lactato de cálcio, as quais são adicionadas ao concreto tradicional em estado fresco. Tais bactérias se encontram em estado de dormência durante a adição, na forma de esporos bacterianos, e permanecem assim até que sejam ativadas (VORONOVICZ; ARGAS, 2016). Testes realizados com bactérias *Bacillus pseudofirmus* mostraram que as mesmas conseguem permanecer no estado latente em meios adversos como o concreto por até 200 anos (ABREU, 2019).

O bioconcreto apresenta bactérias com poder de autocura que ao ser hidratado desprende hidróxido de cálcio, resultando em um meio bastante alcalino. Esta bactéria se alimenta deste hidróxido solúvel e mediante seu metabolismo produz carbonato de cálcio (CaCO₃). Esse carbonato ocupa os poros do concreto aumentando sua resistência mecânica, e ao longo de três semanas, promove a vedação das fissuras (COSTA; RODRIGUES, 2018).

As bactérias existentes no bioconcreto figura 2, ao adentrarem em contato com a água, quando há alguma patologia no concreto, aumentam a atividade da enzima urease ao se alimentar com o cálcio, e este reage com o carbonato de cálcio (CaCO₃) (REIS, 2017). O carbonato de cálcio produzido é resistente e fica armazenado entre os locais vazios do concreto ocasionados por patologias. Desta forma, com o aparecimento das fissuras as bactérias entram em contato com a água presente no meio externo e produzem CaCO₃ que faz “automaticamente” a manutenção da patologia (SILVA, 2018).

Figura 2: Processo de calcificação do concreto.



Fonte: NASCIMENTO; BRITO (2018, p. 8).

No instante em que se apresenta uma fissura, a água entra em contato com a cápsula e ativa as bactérias, as quais se alimentam do lactato de cálcio, ocasionando um processo digestivo que libera gás carbônico (CO²), desta maneira, é associado o cálcio do concreto com os íons de carbonato de lactato, produzindo a calcita ou o calcário, selando lentamente as microfissuras e fissuras de dentro para fora, por onde os agentes agressivos pudessem adentrar e produzir a degradação do próprio concreto e das armaduras de aço (VORONOVICZ; ARGAS, 2016). Experimentos realizados mostraram que o tratamento de fissuras com o bioconcreto possui excelente efetividade em aberturas de até 8 mm e sem limites de extensão e comprimento (SILVA; PASSARINI; SANTOS, 2017).

No concreto autocurativo, a formação de quaisquer fissuras, leva à ativação de bactérias que se encontram em estágio de hibernação. Pelas atividades metabólicas das bactérias, durante o processo de autocura, carbonato de cálcio precipita nas fissuras curando-as. Uma vez que as fissuras estão completamente preenchidas com cálcio carbonato, a bactéria retorna ao estágio de hibernação. No futuro, se houver fissuras, a bactéria é ativada e preenche as lacunas (VIJAY; DEO, 2017).

Destaca-se que as bactérias usadas na engenharia civil são em grande maioria do gênero *Bacillus* (THAKUR; HARDIYA, 2019; SILVA; PASSARINI; SANTOS, 2017), pois apresentam resistência a álcalis (presentes na composição do cimento Portland) e tolerância ao oxigênio, além de ser formadora de esporos, características essas que devem constar nas mesmas para tal uso (KOGA; SANTOS; NUNES, 2020). Estão dispostas a seguir, no Quadro 1, de acordo com a sua aplicação e referência em pesquisas realizadas.

Quadro 1: Aplicação de bactérias na área da construção civil.

Aplicação	Organismo	Referência
Argamassa	Bacillus cereus Bacillus sp. CT-5 Bacillus pasteurii Shewanella Sporosarcina pasteurii	Le Metayer-Leverel <i>et al.</i> (1999) Achal <i>et al.</i> (2011) Ramachandran <i>et al.</i> (2001) Ghosh <i>et al.</i> (2005) Achal <i>et al.</i> (2011)
Remediação de fissuras em concreto	Sporosarcina pasteurii Bacillus pasteurii Bacillus pasteurii Bacillus sphaericus Bacillus sphaericus	Bang <i>et al.</i> (2001) Ramachandran <i>et al.</i> (2001) Ramakrishnan (2007) De Belie <i>et al.</i> (2008) D. Mumyck <i>et al.</i> (2008)
Autocicatrização	Bacillus pseudofirmus Bacillus cohnii	Jonkers <i>et al.</i> (2007) Jonkers <i>et al.</i> (2007)

Fonte: VEKARIYA; PITRODA (2013, p. 4133).

As bactérias atuam como um agente de cura de longa duração e este mecanismo é chamado de Precipitação de Carbonato de Cálcio Induzida Microbiologicamente (MICP) (VIJAY; MURMU; DEO, 2017).

Conforme Silva (2018), a utilização do bioconcreto tem como principal vantagem a redução de custos com recuperação do material, pois quando ocorre a fissuração no concreto, as bactérias realizam a precipitação de carbonato induzida microbiologicamente (MICP), e fecham as lacunas provocadas pelos danos.

A Figura 3 demonstra um corpo de prova de concreto, apresentando fissura, que foi regenerada quase por completo. Na imagem, as fotografias foram registradas no dia em que ocorreu a fissura, 7 dias após e 28 dias após, respectivamente.

Figura 3: Autocicatrização natural do concreto



Fonte: ZHANG *et al.* (2017, p. 20).

Silva, Passarini e Santos (2017) analisaram a capacidade de autocura, a durabilidade e a eficiência do bioconcreto, e averiguaram que o uso do bioconcreto diminui custos de manutenção, reparos e prolonga a vida útil nas construções, além do mais apresenta um grande ponto positivo, pois trata-se de material sustentável. De acordo com Mendes et al (2016) a utilização de bactérias adormecidas na mistura do concreto, além de reparar as microfissuras e fissuras, expande o tempo de vida das estruturas e garante circunstâncias seguras de utilização desta, reduzindo a necessidade de realização de manutenções e permite que estas sejam feitas em locais de difícil acesso devido à autonomia do concreto.

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

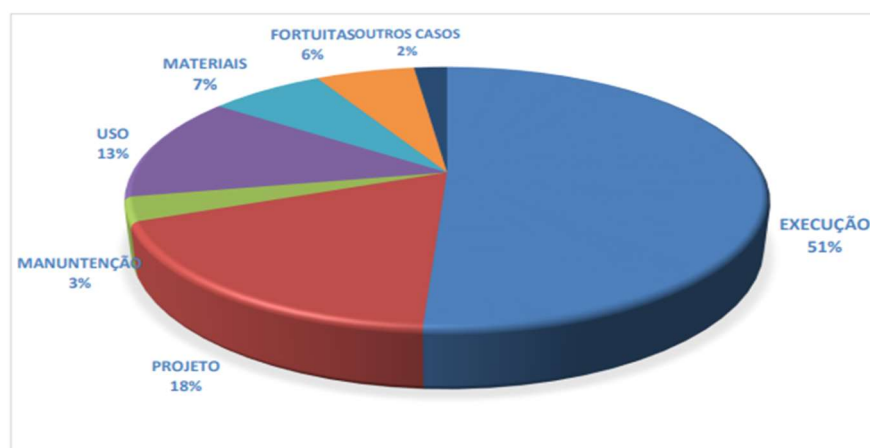
O concreto está suscetível a inúmeros fatores físicos e químicos que possam afetar suas características físicas e mecânicas ao longo do tempo, e estes fatores podem favorecer ao aparecimento de microfissuras e fissuras no concreto, tanto por fatores extrínsecos quanto intrínsecos (NASCIMENTO; BRITO, 2018).

Os fatores extrínsecos são as situações físicas do local, condições climáticas, umidade e ação do vento. O intrínseco tem o calor de hidratação, como fonte de variação volumétrica provocada pela liberação de energia exotérmica, quanto maior for o volume do concreto, maior será o calor liberado pela mistura, e as vezes é dissipada do concreto para atmosfera ou pode ser absorvida pela massa da mesma (CARNEIRO; GIL; CAMPOS NETO, 2011).

Com o passar do tempo, os desgastes provocados nas estruturas de concreto, seja por causas naturais, externas, ou em decorrência de erros na construção, podem ocasionar manifestações patológicas nas construções. O surgimento de microfissuras e fissuras são indícios de que algo está inadequado, e, pode acarretar em consequências, tais como uma fissura de momento fletor, que pode dar origem à corrosão de armadura (BEZERRA; PAULO; MAGALHÃES, 2017).

No Brasil, as principais causas de patologias na construção civil (Gráfico 1) estão relacionadas à execução. Já a segunda maior causa são os projetos que falham por má avaliação de cargas; erros no modelo estrutural; erros na definição da rigidez dos elementos estruturais; ausência de drenagem; falta de impermeabilização; e falha no detalhamento das armaduras (PIANCASTELLI, 2017).

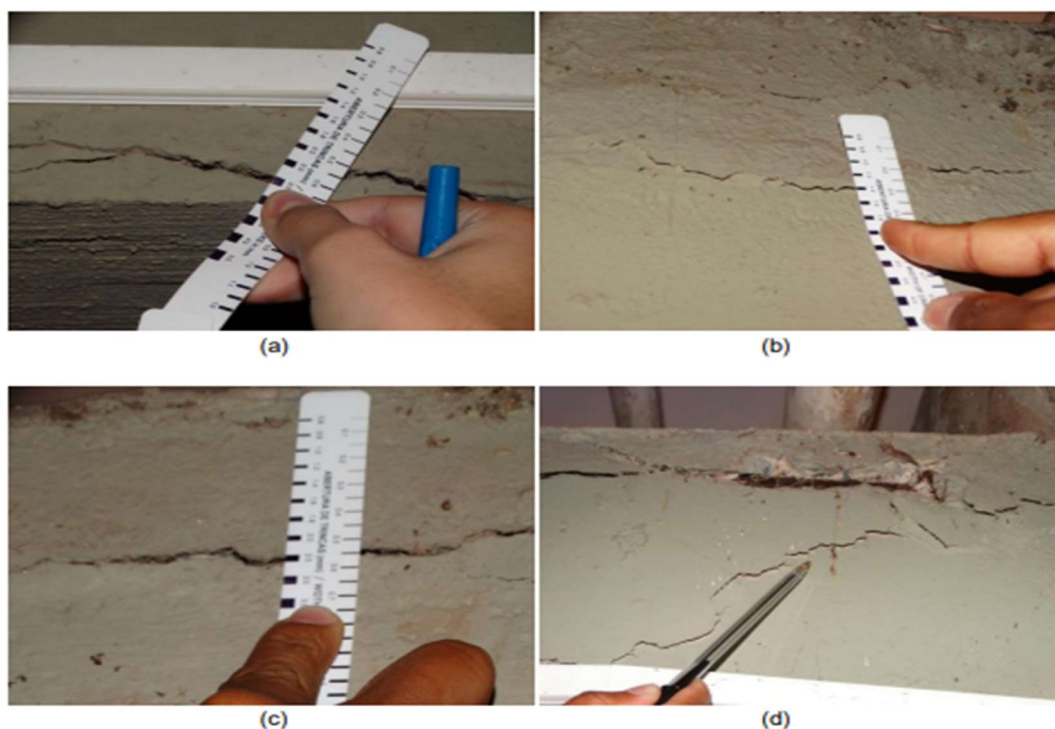
Gráfico 1: Principais causas de patologias na construção civil.



Fonte: Adaptado de PIANCASTELLI (2017, p. 3).

Microfissuras, fissuras, trincas e rachaduras (Figura 4) do concreto são patologias mais comuns na construção civil, observadas em alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos entre outros elementos, geralmente causadas por tensões dos materiais. Se os materiais forem solicitados com um esforço maior que sua resistência acontece a falha provocando uma abertura, e conforme sua espessura será classificada como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha (LEITE, 2018).

Figura 4: Aberturas de fissuras, trincas e rachaduras. (a) Rachadura de 3,0 mm; (b) Trinca de 1,4 mm; (c) Rachadura de 2,5 mm; (d) Fissura na laje.



Fonte: OLIVEIRA *et al.*, (2017, p. 10).

Essas patologias podem ser detectadas por uma abertura na superfície do concreto, tornando-se uma porta de entrada para agentes agressivos tanto químicos quanto físicos (GONÇALVES, 2015; TRINDADE, 2015). Portanto, torna-se difícil a prevenção do surgimento destes danos, uma vez que existem inúmeros tipos de patologias e sua formação depende de fatores internos do concreto, como também, de fatores externos, que são proporcionados pelo meio ambiente (SILVA, 2018).

As aberturas são classificadas de acordo com sua espessura em fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha (OLIVEIRA *et al.*, 2017). O Quadro 2 apresenta a classificação das aberturas de acordo com a sua espessura.

Quadro 2: Classificação de anomalias quanto à espessura das aberturas

ANOMALIAS	ABERTURA (mm)
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 a 1,5
Rachadura	1,5 a 5,0
Fenda	5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA *et al.*, (2017, p.11).

Segundo Gonçalves (2015), às microfissuras e fissuras surgem de forma natural e pacífica. São patologias mais comuns encontradas nas estruturas, podendo trazer prejuízos estéticos, de durabilidade da obra e alterar suas características. Ela pode alertar para algum indicativo de problema estrutural, podendo evoluir para algo mais sério como a rachadura ou trinca.

Conforme Oliveira *et al.*, (2017) as trincas, se definem quando uma parte do objeto, ou ele se encontra partido, ou separado em mais de uma parte. Sua espessura pode ser de 0,5 mm até 1,5 mm, podendo afetar a estrutura interna do elemento e comprometendo a sua segurança, dessa maneira deve-se analisar suas causas e impactos para que seja realizada a solução de tal problema.

Por fim, as rachaduras são a tipologia mais grave encontrada na estrutura de concreto, sua espessura fica entre 1,5 mm até 5,0 mm, dessa maneira possibilitando interferências de luz, vento e água. Dependendo do local que são observadas, pode inviabilizar a utilização da estrutura e sua recuperação, pois se torna muito oneroso, por seu alto custo (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

METODOLOGIA

A pesquisa aqui disposta é de característica bibliográfica, que de acordo com Marconi e Lakatos (2021) trata-se de um modelo de pesquisa em que o pesquisador entra em contato direto com o tema de pesquisa, a partir do levantamento de dados de variadas fontes, tais como: documentos impressos, artigos científicos, livros, teses, dissertações, dentre outros.

Trata-se de um estudo descritivo e analítico. De acordo com Gil (2018) a pesquisa descritiva, é uma análise detalhada que objetiva descrever, classificar e interpretar o objeto estudado. Emprega procedimentos mais sistematizados e minuciosos, têm como propósito primordial a descrição das particularidades de determinada população ou fenômeno, ou a formação de relações entre variáveis. Entretanto, o estudo analítico compreende uma avaliação mais aprofundada das informações coletadas em uma pesquisa, na tentativa de elucidar a circunstância de um fenômeno no contexto de um grupo, grupos ou população (MARCONI; LAKATOS, 2021).

O presente estudo se caracterizou como comparativo que, de acordo Fachin (2017), tem como finalidade investigar coisas ou fatos e explicá-los segundo suas semelhanças e diferenças. Geralmente, o método comparativo aborda duas séries ou fatos de natureza análoga, tomados de meios sociais ou de outra área do saber, a fim de se detectar o que é comum a ambos.

Quanto à abordagem a pesquisa é qualitativa, que conforme Gil (2018) refere-se ao tipo de estudo que trabalha os dados buscando seu significado, tendo como base a percepção do fenômeno dentro do seu contexto. O uso da descrição qualitativa procura captar não só a aparência do fenômeno como também suas essências, procurando elucidar sua origem, relações e mudanças, e tentando prever as consequências.

Na primeira etapa deste estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, EBSCO, Scielo e portal de periódicos Capes. Para busca de dados foi utilizado os seguintes descritores: concreto convencional, bioconcreto, Hendrik Jonkers, biomineralização, autorreparação, autocicatrização, manifestações patológicas, fissuras, microfissuras, trincas, aberturas superficiais, e demais palavras pertinentes a temática. Para a seleção dos artigos foram utilizados, os seguintes critérios: Artigos publicados em português e inglês; Artigos sem restrição quanto ao ano de publicação. Porém, foram excluídos estudos que apresentassem resumos incompletos; assim como resenhas e notícias, pois nem sempre passam por um processo rigoroso de avaliação por pares.

Foi estudado o uso do bioconcreto na recuperação de microfissura e fissura nas estruturas de concreto armado e a viabilidade técnica e econômica. Por fim, foi comparado o bioconcreto com o concreto convencional, quanto ao desempenho estrutural, eficiência e durabilidade nas estruturas de concreto armado.

Quanto aos fatores éticos, o estudo se encontra em conformidade com as normas da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), pois não se trata de pesquisa com seres

humanos ou coleta em bancos de dados que necessitem de autorização prévia, desta forma não foi submetida a um Comitê de Ética em Pesquisa. De todo modo, referenciou os autores estudados e citados de acordo com a normatização da Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT), mantendo os padrões éticos exigidos em um trabalho científico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

COMPARAÇÃO ENTRE O BIOCONCRETO E O CONCRETO CONVENCIONAL

Atualmente, o bioconcreto é considerado uma solução para reparo de microfissuras, fissuras e trincas no concreto, uma vez que a presença da bactéria com potencial de autocura, impede que, as estruturas de ferro e aço, entrem em contato com água e ar, evitando-se assim o problema de corrosão. Nas fissuras, mostra-se ser uma solução viável, visto que o tempo máximo previsto para o fechamento total é de 3 semanas, ocorrendo-se a solução em curto prazo (BEZERRA; PAULO; MAGALHÃES, 2017).

O estudo descrito acima corrobora com os escritos Agarwal e Kadam (2017), ao afirmar que o bioconcreto tem poder de autocura, pois pode gerar a precipitação do carbonato de cálcio para restaurar as microfissuras, fissuras e trincas que surgem na superfície da estrutura de concreto armado. De acordo com Gautam (2018) e Tziviloglou *et al.*, (2017), sempre que aparecem microfissuras, fissuras ou trincas a água penetra, e a bactéria sai do estágio de hibernação, passando a depositar o carbonato de cálcio e outros minerais inorgânicos para fechar as microfissuras ou fissuras abertas, assim consequentemente estarão também garantindo a integridade da estrutura de concreto.

Embora o bioconcreto tenha um custo mais elevado que o concreto tradicional, o benefício econômico é perceptível, pois economiza em custos de manutenção das áreas afetadas (TZIVILOGLOU *et al.*, 2016).

O relato acima descrito está em concordância com os escritos de Silva (2018) quando diz que o uso do bioconcreto tem como principal benefício a redução de custos com recuperação do material, pois quando ocorre a fissuração do concreto, as bactérias realizam a MICP (Precipitação de Carbonato Induzida Microbiologicamente), e fecham as lacunas provocadas pelos danos. Outra vantagem que pode ser citada é o aumento da vida útil do concreto.

Neste contexto, de acordo Reis (2017), tem-se que o aparecimento de fissuras no concreto será minimizada por razões de durabilidade do bioconcreto. Ressalta-se que o concreto convencional apresenta custo elevado para reparos e algumas vezes é inviável. Já o concreto de autocura não agrediu o meio ambiente e gera economia com gastos de manutenção.

Segundo Salomão e Pinheiro (2020), o bioconcreto apresenta inúmeras vantagens, dentre elas destacam-se, o aumento da resistência em comparação com concreto convencional, a autorregeneração das estruturas (microfissuras, fissuras e trincas), a diminuição considerável da corrosão do aço devido a ação da bactéria, a diminuição da permeabilidade do concreto, o aumento da resistência as mudanças de temperatura e o fato de que a bactéria é inofensiva tanto ao ser humano quanto ao meio ambiente.

O estudo citado no parágrafo anterior está em consonância com a pesquisa realizada por Faustino, Assunção e Garcia (2020), que identificaram que o bioconcreto apresentou uma resistência à compressão mais elevada em relação ao concreto armado. Desse modo, observou-se que o bioconcreto apresentou uma eficiência melhor do que o concreto convencional em relação ao ganho de resistência à compressão.

Por outro lado, o concreto convencional apesar da versatilidade, durabilidade, e eficiência no que se refere a resistência à compressão, ele apresenta uma deficiência na resistência à tração, portanto, com objetivo de supri-la, ele é empregado junto a uma armadura para adquirir resistência em ambos os esforços. Entretanto, quando tracionado poderá fissurar ou romper. Através desse rompimento substâncias geradoras de corrosão são capazes de adentrar e ocasionar degradação do concreto, assim como a corrosão das armaduras de aço, diminuindo sua durabilidade (MÂNICA, 2019; VAN BELLEGHEM *et al.*, 2016).

Estudos apontaram que nos testes de compressão e flexão nos ensaios em bioconcreto onde foram introduzidas bactérias houve um aumento na sua resistência em relação ao ensaio com concreto convencional (FAUSTINO; ASSUNÇÃO; GARCIA, 2020; SALOMÃO; PINHEIRO, 2020). A Tabela 1, demonstra os resultados obtidos na pesquisa de Silva, Passarini e Santos (2017) mediante o ensaio de resistência à compressão em amostras de concreto convencional e bioconcreto em 7 e 28 dias.

Tabela 1: Relação de resultados de ensaio de resistência a compressão do concreto em 7 e 28 dias

Ensaio	Dias	Concreto convencional N/mm ² (Mpa)	Bioconcreto N/mm ² (Mpa)
1	7	20,84	27,09
2	28	29,99	38,98

Fonte: Adaptado de SILVA; PASSARINI; SANTOS (2017, p.54).

Ao analisar a Tabela 01, verifica-se que quando comparados os valores obtidos nos testes de resistência, o bioconcreto adquiriu maior resistência a compressão que o concreto convencional. O que comprova a eficiência das bactérias de autocura no ganho de resistência do concreto a compressão.

Tabela 2: Relação de resultados de ensaio de resistência a flexão do concreto em 7 e 28 dias

Ensaio	Dias	Concreto convencional N/mm ² (Mpa)	Bioconcreto N/mm ² (Mpa)
1	7	3,92	4,6
2	28	7,07	7,85

Fonte: Adaptado de SILVA; PASSARINI; SANTOS (2017, p.54).

Na Tabela 2, observa-se que o bioconcreto apresentou maior resistência a flexão que o concreto convencional. Nesse ensaio fica constatado a eficiência das bactérias de autocura no ganho de resistência a flexão.

Esses resultados corroboram os obtidos por Silva (2018), que demonstrou aumento na resistência à compressão e à flexão do concreto, em decorrência do preenchimento dos espaços vazios pelo carbonato de cálcio e conseqüentemente a cicatrização das microfissuras, fissuras e trincas ao longo do tempo revela significativa melhoria na permeabilidade do concreto posteriormente ao dano.

A Tabela 3 demonstra os resultados da pesquisa de Silva, Passarini e Santos (2017) no que concerne aos testes de resistência a compressão no concreto, durante o período de 7 a 365 dias.

Tabela 3: Relação de resultados de ensaio de resistência a compressão do concreto no período de 7 a 365 dias

Dias	Concreto convencional N/mm ² (Mpa)	Bioconcreto N/mm ² (Mpa)
7	37,57	39,48
14	44,73	51,26
28	51,19	60,17
60	55,39	63,35
90	56,97	66,27
180	58,37	67,62
270	59,17	68,84
365	60,87	70,07

Fonte: Adaptado de SILVA; PASSARINI; SANTOS (2017, p.9).

De acordo com a tabela 3 o bioconcreto também demonstra uma resistência a compressão maior que o concreto convencional. Os dados apresentados na tabela acima ratificam os obtidos por Silva (2018), que demonstra aumento de resistência do bioconcreto com o passar do tempo em comparação com o concreto convencional. Desse modo, verifica-se a melhor eficiência do bioconcreto com relação ao concreto convencional em relação a resistência a compressão.

Apresenta-se na Tabela 4 dados referentes as propriedades do Bioconcreto. Verifica-se que o tempo de duração do fechamento de fissura/trinca é relativamente curto; o limite de reparo da extensão não é um problema para esse tipo de concreto visto que, pode ir de centímetros a quilômetros e o limite de reparo da fissura/trinca é de em torno de 0,8 milímetros. Além disso, as bactérias de autocura apresentam um longo prazo de vida útil, podendo sobreviver durante anos em locais extremamente secos e alcalinos. No que se refere ao custo o bioconcreto é 40% mais caro do que o concreto convencional (ALEXIA, 2017).

Tabela 4: Relação de resultados das Propriedades do Bioconcreto

Propriedades do Bioconcreto	Resultado
Tempo máximo para fechamento	3 semanas
Limite de extensão da fissura/trinca	Não possui, pode ir de centímetros a quilômetros
Limite de largura da fissura/trinca	0,8 milímetros
Custo	Estimativa de 40% mais caro do que o concreto tradicional
Vida útil da bactéria	200 anos na edificação

Fonte: ALEXIA (2017, p.2)

Os dados apresentados na tabela acima confirmam os estudos realizados por Vijay, Murmu e Deo (2017); Mors e Jonkers (2019) quando afirmam que o bioconcreto apresenta capacidade de cicatrização perfeita até 0,8 mm no que refere ao limite de largura.

A despeito do custo, os resultados obtidos no estudo acima corroboram com Jonkers (2015), uma vez que o concreto convencional tem um custo em torno R\$ 260,00m³ e o bioconcreto tem custo de R\$ 360,00m³, o que resulta em um aumento no seu custo de 40% a mais do que o concreto convencional.

Jonkers (2021) afirma que o bioconcreto apresenta um custo mais elevado que concreto convencional, no entanto a manutenção regular e o reparo nas construções com concreto convencional são caros e, em alguns casos, nem são possíveis, a inclusão de um mecanismo de reparo autônomo utilizando as bactérias de autocura seria altamente viável, pois poderia reduzir a manutenção e aumentar a durabilidade do material.

Por fim, ressalta-se que bioconcreto destaca-se em muitos aspectos em relação ao concreto convencional, entre eles destaca-se a durabilidade, resistência e redução de custos de manutenção e reparos ao longo dos anos, pois o mesmo se autorregenera.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A problemática sobre patologias em estruturas de concreto armado é cada dia mais presente no setor da construção civil, de modo a consumir numerosas pesquisas em relação as técnicas de prevenção e manutenção que garantam viabilidade técnico-financeira.

Com base nos estudos citados anteriormente, constata-se a capacidade de autorregeneração do bioconcreto e, conseqüentemente, benefícios em relações a prevenção e recuperação de patologias quando comparado concreto comum. Além disso, destaca-se também seu aumento de resistência à compressão e flexão.

Essa tecnologia é recente e, por isso, ainda pouco utilizada e custosa. Apesar de seu alto valor inicial, esse material proporciona uma vida útil muito maior que as estruturas de concreto convencionais, atuando ativamente na recuperação das patologias e, conseqüentemente, trazendo benefício econômico em diminuição de gastos com manutenções.

Desta forma, é inegável as vantagens do mesmo, tendo como principais fatores limitadores sua disponibilidade e custo. Todavia, com mais demanda e popularização, é inegável que esta tecnologia se prova como um material competitivo e sustentável em longo prazo.

Destaca-se a necessidade de mais conhecimentos sobre suas características, potenciais e aplicabilidades, bem como mais estudos demonstrativos que mostrem sua viabilidade técnico-financeira na economia de manutenções.

REFERÊNCIAS

- ABREU, B. T. R. de. **O que os microrganismos me disseram**: uma versão de um método microbiológico inspirado. Tese (Programa de Pós-graduação em Artes Visuais). Brasília: Universidade de Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/37321>. Acesso 18 out. 2021.
- AGARWAL, G.; KADAM, R. Bacterial concrete - a solution to crack formation. **International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering**, n. 10, v. 4, 2017. Disponível em: <https://www.ijirae.com/volumes/Vol4/iss10/01.OCAE10080.pdf>. Acesso 17 nov. 2021.
- ALEXIA, R. Bioconcreto: o concreto que se autoregenera. **Geotesc**, 2017. Disponível em: <https://www.geotesc.com.br/site/tag/bioconcreto/>. Acesso 19 nov. 2021.
- ALVES, L.; ALVES, L.; MELLO, M.; BARROS, S. Characterization of Bioconcrete and the Properties for Self-Healing. **Proceedings**, v. 38, n. 4, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2504-3900/38/1/4>. Acesso em: 12 mai. 2021.
- BEZERRA, L. E. F.; PAULO, R. G.; MAGALHÃES, V. B. de S. Bioconcreto como solução de manifestações patológicas na construção civil: estado de arte. **Revista FENEC**, v. 1, n. 2, p. 239-245, set., 2017. Disponível em: <https://www.revista.fenec.com.br/wp-content/uploads/2020/12/28-bioconcreto-como-solucao-de-manifestacoes.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2021.
- BRITO, J. E. G.; SOUSA, L. C. Bioconcreto: uma inovação sustentável na construção civil. **In: Encontro de Extensão, Docência e Iniciação Científica (EEDIC)**, v. 7, nov., p.1., 2020, Quixadá-CE. Disponível em: <http://publicacoesacademicas.unicatolicaquixada.edu.br/index.php/eedic/article/view/4310/3791>. Acesso em: 10 abr. 2021.
- BUNDER, J. **O concreto**: sua origem, sua história. Universidade de São Paulo. Faculdade de arquitetura e urbanismo. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://revistas.unisiam.edu.br/index.php/projectus/article/view/581>. Acesso em: 14 mai. 2021.
- CARNEIRO, A.F.; PELEGRINELLO, M. Influência da deposição de CaCO₃ oriundos de bactérias Bacillus em matrizes de argamassas. Introdução à biocicatrização. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**. Paraná, ed. especial, set., p. 321-330, 2019. Disponível em: <http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/sistema/index.php/revista/article/view/644/407>. Acesso em: 04 abr. 2021.

CARNEIRO, G. V. H. S.; GIL, L. K. dos S.; CAMPOS NETO, M. P. **Calor de Hidratação no Concreto**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, 67f., 2011. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/CALOR_DE_HIDRATA%C3%87%C3%83O_NO_CONCRETO.pdf. Acesso em: 14 mai. 2021.

COSTA, A.; RODRIGUES, F. Desenvolvimento de concretos autocuráveis utilizando a bactéria *Bacillus Megaterium*. **Revista Científica UMC**. UMC Universidade. 2018, p. 1-4. Disponível em: <http://seer.umc.br/index.php/revistaumc/article/view/483/375>. Acesso em: 10 abr. 2021.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. São Paulo: Editora Saraiva, 2017. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502636552/>. Acesso em: 01 nov. 2021.

FAUSTINO, A. L. D.; ASSUNÇÃO, B. H. B. de, GARCIA, W. L. Avaliação do desenvolvimento e eficiência do bioconcreto em relação ao concreto convencional. *In: Anais do 3º Simpósio de TCC*, Faculdades FINOM e Tecsona, 2020, p. 668-678. Disponível em: <https://finom.edu.br/assets/uploads/cursos/tcc/202102051402204.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597012934/>. Acesso em: 01 nov. 2021.

GAUTAM, B. R. Bacteria based self healing concrete – a bacterial approach. **The International Journal of Engineering and Science (IJES)**, 2018. Disponível em: <https://theijes.com/papers/1801-RICCE-2018/Volume-1/10.%2057-61.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2021.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015. 174 f. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014879.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2021.

JONKERS, H. The self-healing concrete that can fix its own cracks. **The Guardian**, 2015. Disponível em: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2015/jun/29/the-self-healing-concrete-that-can-fix-its-own-cracks>. Acesso em: 19 mai. 2021.

JONKERS, H. M. Bacteria-based self-healing concrete. **In-Genium**, n. 1, 2021. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/119709>. Acesso em: 18 nov. 2021.

KISKU, N.; JOSHI, H.; ANSARI, M.; PANDA, S. K.; NAYAK, S.; DUTTA, S. C. A critical review and assessment for usage of recycled aggregate as sustainable construction material. **Construction and Building Materials**. v. 131, 2017, p. 721-740. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.029>. Acesso em: 03 mai. 2021.

KOGA, D. S.; SANTOS, L. M.; NUNES, W. C. **Bioconcreto** - autocicatrização do concreto pelo processo de biomineralização realizado por bactérias. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2020, p. 1-10. Disponível em: https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/895/1/Trabalho_TCC2_57_Dyennifer_%26_Lorrany.pdf. Acesso em: 02 abr. 2021.

LEITE, A. A. B. **Fissuras causadas por recalques diferenciais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Centro Universitário De Maringá. Maringá – PR, 2018, 21p. Disponível em: <http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/652>. Acesso em: 16 out. 2021.

MÂNICA, G. **Utilização de microrganismo autógeno para a recuperação de fissuras em corpos de prova de argamassa de cimento Portland**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIVATES, Lajeado, Rio Grande do Sul, 2019, 73f. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/handle/10737/2556>. Acesso em: 17 nov. 2021.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico**: projetos de pesquisa, pesquisa bibliográfica, teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021. <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597012934/>. Acesso em: 01 nov. 2021.

MEDEIROS, D. P. C. **Uso de bactérias (bacillus subtilis e bacillus cereus) na produção de bioconcreto**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2020, 50f. Disponível em: <http://ct.ufpb.br/ceec/contents/documentos/tccs/2019.2/uso-de-bacterias-bacillus-subtilis-e-bacillus-cereus-na-producao-de-bioconcreto.pdf> Acesso em: 13.mai. 2021.

MENDES, F. G. B.; RUAS, B. L. A.; SILVA, R. de K. R.; MELO, T. M.; ELEUTÉRIO, I. A. R.; COSTA, R. A. L.; GOMES, L. S.L P. Concreto auto regenerativo: uma revisão bibliográfica sobre suas propriedades e benefícios para as estruturas de concreto. *In: Anais de eventos 10º FEPEG*, Montes Claros, 2016, p. 1-3. Disponível em: <http://www.fepeg2016.unimontes.br/index.php/anais/ver/2489#:~:text=O%20concreto%20auto%20regenerativo%20tem,carbonato%20de%20c%20c%3%A1l%20devido%20a>. Acesso em: 10 abr. 2021.

MORS, R M.; JONKERS, H. M. Bacteria-based self-healing concrete: evaluation of full scale demonstrator projects. **RILEM Technical Letters**, v. 4, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21809/rilemtechlett.2019.93>. Acesso em: 19 nov. 2021.

NASCIMENTO, M. S. do; BRITO, A. V. de. A implantação do bioconcreto desenvolvido para solucionar problemas estruturais tais como: fissuras, rachaduras e trincas. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, v. 1, 2018, p. 1-15. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/implantacao-do-bioconcreto-desenvolvido-para-solucionar-problemas-estruturais-tais-como>. Acesso em: 14 mai. 2021.

OLIVEIRA, J. A. da C. Inspeção predial e avaliação das manifestações patológicas do subsolo em edificação residencial localizada no distrito federal – estudo de caso condomínio residencial 116 norte. *In: Anais Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e*

Perícias. Foz Iguaçu-PR, 2017. Disponível em: <https://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2017/08/095.pdf>. 12 mai. 2021.

PIANCASTELLI, E. M. **Patologias do concreto.** AEC Web – O portal da Arquitetura, Engenharia e Construção. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/patologias-do-concreto/6160>. Acesso em: 17 out. 2021.

REIS, L. **Biotechnologia microbiana da construção:** potencial de biomineralização de bactérias ureolíticas de solo de cerrado e de rejeitos de construção civil. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais- Universidade Federal de Goiás. 2017. 103 f. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/104/o/DISSERTA%C3%87%C3%83O_DEFESA_-_Luann.pdf. Acesso em: 17 nov. 2021.

SALOMÃO, P. E. A.; PINHEIRO, A. V. S. O potencial do concreto vivo como alternativa para regenerar estruturas expostas a ambientes agressivos. **Research, Society and Development**, v. 9, n.1, 2020, p. 1-15 . Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1819>. Acesso em: 12 mai. 2021.

SCHNEIDER, S.; SCHIMITT, C. J. **O uso do método comparativo nas Ciências Sociais. Cadernos de Sociologia.** Porto Alegre, v. 9, 1998, p. 49-87,. Disponível em: <https://elizabethruano.com/wp-content/uploads/2018/08/schneider-schmitt-1998-o-uso-do-metodo-comparativo-nas-ciencias-sociais.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2021.

SILVA, F. P. C.; PASSARINI, V. de C; SANTOS, F. C. S. Bioconcreto: a tecnologia para construção sustentável. **Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, v.5, n.2, jul-dez, 2017, p.1-18. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/1678/1447>. Acesso em: 13 mai. 2021.

SILVA, D. G.; MELO, L. A. **Aplicação de bactérias biocimentantes no tratamento de patologias de revestimentos de argamassa.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - IFG. Aparecida de Goiânia, 2018, 51f. Disponível em: https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/208/1/tcc_Daniel%20Silva_Lucas%20Melo.pdf. Acesso em: 24 abr. 2021.

SILVA, A. M. da. **Avaliação da viabilidade técnica e econômica do uso do bioconcreto em substituição ao concreto comum.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Fundação Carmelitana Mário Palmério – FUCAMP. Monte Carmelo, 2018, 21f. Disponível em: <https://www.unifucamp.edu.br/wp-content/uploads/2019/02/anais-eng-civil-aline-marques-da-silva.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2021.

THAKUR, C. , HARDIYA, A. Comparative study of bacillus pseudofirmus concrete block with crushed aac block concrete. **International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science**, v 1, p. 1, dez., 2019. Disponível em:

https://www.irjmets.com/uploadedfiles/paper/volume1/issue_1_december_2019/3/1628082950.pdf. Acesso em: 18 out. 2021

TRINDADE, D. S. **Patologia em estruturas de concreto armado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2015, 88f. Disponível em:

http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_DIEGO%20DOS%20SANTOS%20DA%20TRINDADE.pdf. Acesso em: 30 abr. 2021.

TZIVILOGLOU, E.; VIRGINIE, W.; JONKERS, H. M.; SCHLANGEN, E. Selection of Nutrient Used in Biogenic Healing Agent for Cementitious Materials. **Frontiers. Journal Frontiers in Materials**, v. 4, n. 15, 2017. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmats.2017.00015/full>. Acesso em: 17 nov. 2021.

TZIVILOGLOU, E.; WIKTOR, V.; JONKERS, H. M.; SCHLANGEN, E. Bacteria-based self-healing concrete to increase liquid tightness of cracks. **Construction and Building Materials**, v. 122, 2016, p. 118-125. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061816310078>. Acesso em: 13 mai. 2021.

VAN BELLEGHEM, B.; HEEDE, P. V. D.; TITTELBOOM, K. V. T.; BELIE, N. D.

Quantification of the Service Life Extension and Environmental Benefit of Chloride Exposed Self-Healing Concrete. **Materials**, v. 10, n. 1, 2016. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28772363/>. Acesso em: 16 nov. 2021.

VIJAY, K.; MURMU, M.; DEO, S. V. Bacteria based self healing concrete – A review.

Construction and Building Materials. v. 152, 2017, p. 1008–1014. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817313752>. Acesso em: 14 out. 2021.

VEKARIYA, M. S.; PITRODA, J. Bacterial Concrete: New Era For Construction Industry.

International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), v 4, 9 ed., set. 2013. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/291003896_BACTERIAL_CONCRETE_NEW_ERA_FOR_CONSTRUCTION_INDUSTRY. Acesso em: 14 out. 2021.

VORONOVICZ, E.; VARGAS, J. J. de. O bioconcreto como solução para fissuras, trincas e rachaduras. *In: Anais do VII CONCCEPAR: Congresso Científico da Região Centro-Ocidental do Paraná/Centro Universitário Integrado de Campo Mourão*, 2016.

ZHANG, J.; LIU, Y.; FENG, T.; ZHOU, M.; ZHAO, L.; ZHOU, A.; LI, Z. Immobilizing bacteria in expanded perlite for the crack self-healing in concrete. **Construction and Building Materials**, Taiyuan, v. 148, p.610-617, maio, 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817309042>. Acesso em: 14 out. 2021.