

BIOCONCRETO: RECUPERAÇÃO DE PATOLOGIAS NO CONCRETO ARMADO.

Morais, M.A.P.; Ferreira, S.G.

Escola Politécnica e de Artes

Pontifícia
Universidade Católica

Goiânia-GOIÁS-Brasil

RESUMO: O Bioconcreto é um material pouco conhecido dos brasileiros, por estar em fase de estudos, mas que, se viesse a ser utilizado de forma mais efetiva, poderia ser a solução para grandes problemas, dentro da engenharia civil. Esse material tem a função de regenerar as fissuras, quando elas surgem na estrutura de concreto e trazem consigo a solução de futuros problemas, antes mesmo de eles emergirem. Pensar nesse produto aplicado à engenharia, cria um divisor de águas, uma vez que um dos pesares do ramo é a incidências dessas patologias e os elevados gastos aplicados para sua reparação. Posto isso, esta pesquisa tem como finalidade colocar o histórico do Bioconcreto em evidência, suas aplicações e vantagens, para examinar se esse material seria benéfico à engenharia nacional, caso fosse difundida sua aplicação, dentro das obras. Para esta análise, foram coletadas informações de especialistas goianos ligados à Engenharia e à Biologia, a fim de se chegar a um posicionamento técnico plausível sobre a viabilidade do Bioconcreto, no atual mercado brasileiro das construções.

Palavras-chaves: Bioconcreto; Viabilidade; Construções Cívicas

ABSTRACT: Bio concrete is a material little known for being in the study phase, but that, if it were to be used more effectively, could be the solution to major problems within civil engineering. This material has the function of regenerating the cracks, when it appears in the structure, bringing with it a good improvement, because it treats future problems even before they emerge. Thinking about this product applied within engineering, it would be a watershed, since one of the regrets within the branch are the great incidences of pathologies and the high expenses applied to repair the damage. That said, this research aims to put on the agenda the history of Bio concrete in evidence, its origins and advantages to examine how much this material could be beneficial or not to engineering, if widespread to the application of common use within the works. For this analysis, information will be collected from engineering and biology specialists, who work in similar areas in the labor market, in order to reach a plausible result on the viability of Bioconcrete within the current Brazilian civil construction market.

Keywords: Bioconcreto; Viability; Civil Constructions.

1. Introdução

Desde 1849, data da sua invenção, na Inglaterra, o concreto armado veio sendo utilizado e aprimorado e, atualmente, é o principal componente para a construção civil [1]. Vem sendo implementado, em quase todas as obras de edifícios, residências e comércios, por proporcionar grande versatilidade, em estado fresco, por possuir uma resistência elevada, suportar grandes cargas e possibilitar a construção de edifícios altos e complexos.

Como todo e qualquer material, o concreto armado também tem uma vida útil definida e, com o passar do tempo, as edificações apresentam desgastes naturais e eventuais patologias do concreto. As fissuras são uma delas, que podem implicar em sérios danos para a edificação, além de poderem transmitir ao usuário uma sensação de insegurança, diante de seu aspecto de fragilidade e ruptura.

Progressivamente, as fissuras podem acarretar outras patologias, tais como a oxidação do aço das armaduras, que também deteriora o concreto, de dentro para fora. Esse fato corrobora o alerta feito pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Peritos de Engenharia de São Paulo (IBASE-SP) onde o Eng. José Ricardo Pinto disse que [2] :

“Por isso, ainda que algumas fissuras sejam toleradas pelas normas técnicas, toda e qualquer abertura deve ser tratada, para não permitir a entrada do agente agressivo que irá tirar a proteção passiva das armaduras”.

Com o intuito de diminuir ou até sanar esses problemas, estudos vêm sendo realizados sobre componentes que poderiam ser aplicados ao concreto, visando ao tratamento das fissuras normais que surgem no concreto, no decorrer do tempo. Dentre esses componentes, foram realizadas pesquisas com bactérias que possuíam características únicas e que conseguiam sobreviver em ambientes com elevado PH, sem oxigênio, tal como ocorre no concreto. As principais espécies pesquisadas foram as *Bacillus pseudofirmus* e *Bacillus subtilis*, que apresentaram resultados satisfatórios em ensaios comparativos com outras da mesma família. Quando comparadas entre si, a *Bacillus subtilis* possuía um fator custo/benefício melhor que a *Bacillus pseudofirmus*, sendo também mais facilmente encontrada no Brasil.

A junção do concreto comum com as bactérias pesquisadas deu origem ao Bioconcreto, um material que possui a capacidade de se autorregenerar, através do processo digestivo das bactérias, criando um tipo de calcário que permite o preenchimento dos poros, reparando, assim, as fissuras que houver, sem perder a resistência do material. Porém, no Brasil, esse processo de autocura ainda não foi utilizado em construções. Trata-se de um material que está em processo de estudo e desenvolvimento, para que possa ser aplicado com segurança, devido ao fato de as condições climáticas do país serem diferentes, se comparadas às da região da Holanda, onde foi criado, e pelo fator custo/benefício do micro-organismo

para sua adaptação ao mercado, que exige sejam mantidas a resistência e a durabilidade do material.

No presente trabalho, foi possível obter opiniões de profissionais das áreas de Biologia, Controle Tecnológico do Concreto e Gestão Tecnológica de uma empresa concreteira de Goiânia. Os depoimentos desses profissionais possibilitaram obter uma visão realista do Bioconcreto, e avaliar se sua aplicação, hoje, seria viável nas condições atuais da engenharia brasileira, e como poderia ser feita sua comercialização, com segurança. As conclusões indicam que seria precipitado, hoje, fazer uso dessa tecnologia de autocura biológica das fissuras do concreto.

2. Fundamentação teórica

Segundo a ABNT NBR 6118/2004 (p.16),

“A agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto” [3].

Neste contexto, inclui-se um dos problemas mais corriqueiros, dentro da construção civil, o do aparecimento de fissuras, que causa muitos transtornos para a engenharia, pois são aberturas que funcionam como porta de entrada para inúmeras patologias.

A Universidade Tecnológica de Delft, na Holanda, através do trabalho de Henk Jonkers, realizado em 2015, desenvolveu um tipo de concreto que se autorregenerava, por meio da ação controlada da bactéria chamada bacillus pseudofirmus que, quando misturada ao concreto, atuava como um fator de “cura”, regenerando as rachaduras da estrutura.

Figura 1 – Bactéria bacillus pseudofirmus.

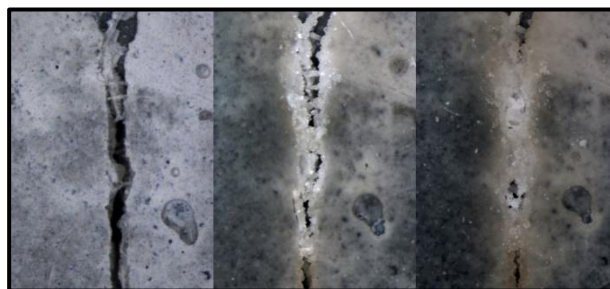


Fonte: ALEXIA (2017) [4].

Para Henk Jonkers, não havia limites para a dimensão das rachaduras, mas havia um limite para a extensão das fissuras. Para que houvesse uma cicatrização perfeita do concreto, a fissura não poderia ter mais que 8 mm de abertura. Essa nova tecnologia do Bioconcreto ajudaria a fazer uma economia de milhões de dólares, em manutenção de estruturas. E o próprio cientista Henk Jonkers comentou para o jornal britânico The Guardian [5] que:

“Apesar de [o Bioconcreto] ser mais caro que o concreto tradicional, seu benefício econômico é perceptível, pois economiza em custos de manutenção”.

Figura 2 – Fissura se regenerando



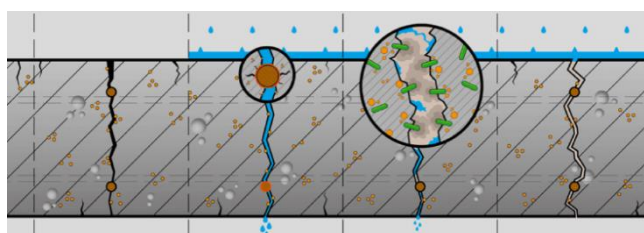
Fonte: Blog do professor Fred, (2019) [6].

2.1 Processo da auto regeneração das fissuras

Na fabricação do Bioconcreto, as bactérias são adicionadas dentro de cápsulas, feitas com lactato de cálcio, durante o preparo da mistura, quando então permanecem “adormecidas”, até que ocorra alguma fissura para despertá-las.

No decorrer da vida útil do concreto, a estrutura começa a se movimentar e dilatar, causando o surgimento de fissuras e trincas, que permitem a entrada de água pela abertura, ocasionando o rompimento da camada da cápsula e ativando as bactérias que estão contidas nela. Com a presença da água, os microrganismos despertam e começam a se alimentar do composto químico lactato de cálcio, que é o principal componente da cápsula.

Figura 3 – Auto recuperação da fissura



Fonte: Basilisk (2021) [7].

Os critérios de sobrevivência da bactéria estão condicionados conforme a seguir:

Figura 4 – Critérios para desenvolvimento da bactéria

Condicionante	Critérios
Água	Ambientes úmidos possuem uma maior propensão para o desenvolvimento de microrganismos.
Nutrientes	O tipo de nutriente disponível irá definir o micro-organismo capaz de iniciar o processo. Esses nutrientes podem ser desde o aditivo orgânico utilizado na preparação do concreto ou argamassa, como é o caso dos lignosulfonatos, compostos inorgânicos ou mesmo matéria orgânica resultante da morte de outros micro-organismos.
pH	Normalmente bactérias se desenvolvem melhor em ambientes com pH mais ácido.
Temperatura	Temperaturas entre 20°C e 30°C são consideradas ideais para a maioria dos organismos.
Número de Organismos	Existência de certo número de organismos viáveis, ou seja, capazes de se reproduzir.

Fonte: Thórus Engenharia (2019) [8].

A regeneração das fissuras ocorre através da ação digestiva dos microrganismos que se alimentam da própria cápsula ou de outros produtos químicos presentes no concreto, que fora modificado para produzir carbonato de cálcio [9]. A transformação desses compostos, por meio das reações das bactérias, resulta na formação de calcita.

A calcita é um mineral que preenche as fissuras, auxiliando na regeneração do concreto. Ela ajuda a fortalecer as áreas danificadas, contribuindo para a durabilidade e a reintegração estrutural do material.

Segundo Henk Jonkers (2016): “Não há limites para a extensão da rachadura que o material pode reparar. Pode ser de centímetros a quilômetros”. Porém, a auto recuperação de fissuras limita-se ao preenchimento delas com no máximo 8 mm de largura [5].”

Esse processo de regeneração química, realizado pelas bactérias no Bioconcreto, é uma abordagem inovadora para aumentar a vida útil das estruturas de concreto e reduzir a necessidade de manutenção e reparos frequentes, em determinadas situações.

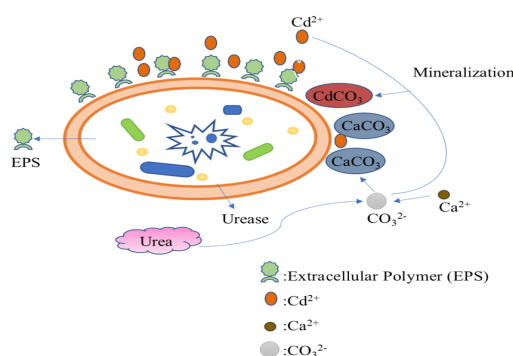
2.2Biomíneralização

A biomíneralização é um processo de recuperação e fortalecimento do Bioconcreto, em locais fragilizados por patologias, bem como a fissuras, através da ação das bactérias. E para que isso ocorra é necessário que o meio em que o microrganismo esteja inserido possua o componente químico com fonte em cálcio, sendo justificado a utilização das cápsulas envolvendo as bactérias, pois, possuem como componente principal o lactato de cálcio, que possibilita a regeneração das fissuras.

As bactérias que são utilizadas no Bioconcreto precisam conter ureases em volta dos corpos, componente responsável pela reação química da autorregeneração. Esses compostos, são metaloenzimas que possuem a capacidade de captar o cálcio do meio em que estão inseridas, em quantidades significativas, precipita-los em pequenos cristais de carbonato de cálcio, como exemplo a calcita [10]. A produção desses pequenos cristais preenche os poros causado pela abertura de fissuras, restaurando o local fragilizado na estrutura.

Na imagem a seguir é possível analisar como a urease está contida na bactéria:

Figura 5 – Fissura se regenerando



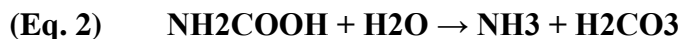
Fonte: Chi (2021) [11].

A reação química ocorre da seguinte forma [12]:

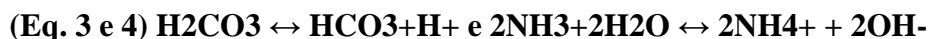
Inicialmente a urease realiza a hidrólise da ureia que está contida no material ao redor, produzindo como resultado, a amônia e o carbamato. (Eq. 1)



Elas se hidrolisam e formam dióxido de carbono. (Eq.2)



Após a reação, as partículas entram em equilíbrio com a umidade no local, formando bicabornato, amônia e íons de hidróxido. (Eq. 3 e 4)



A equação 3 apresentada acima, eleva a o PH do Bioconcreto alterando as partículas de bicabornato e gerando íons de carbonato. (Eq. 4)



Quando contém íons solúveis de cálcio no local, ocorre a precipitação de CaCO_3 , gerando os cristais que preenche a fissura. (Eq. 6)



2.3 Concreto Convencional x Bioconcreto

O custo do metro cúbico (m^3) do concreto convencional tende a variar dependendo da região, dos materiais utilizados e da demanda local [13]. Em geral, o concreto convencional é inicialmente mais barato do que o Bioconcreto. Este é uma versão mais recente que o primeiro, pois envolve tecnologias e materiais adicionais diferentes, como a aplicação de bactérias, e exige cuidados especiais durante a sua utilização, além de terem seu custo elevado no mercado. Além disso, é necessário adquirir o lactato de cálcio para a fabricação das cápsulas.

Em entrevista ao The Guardian, Henk Jonkers afirmou que: “Apesar de ser mais caro que o concreto tradicional, o benefício econômico [do Bioconcreto] é perceptível, pois economiza em custos posteriores de manutenção, o que é uma economia vantajosa a longo prazo”. Porém, na realidade, as grandes empresas que consomem um grande volume de concreto, buscam realizar estruturas com o um custo/benefício melhor, a curto prazo, e eliminam a hipótese da utilização do Bioconcreto devido à sua grande diferença de preço.

Ao The Guardian, o autor também apresentou a diferença entre os valores dos materiais, sendo este o grande obstáculo para sua comercialização. Enquanto o concreto convencional custa aproximadamente US\$ 80 (R\$ 260,00) por m^3 , a nova tecnologia custa próximo de US\$ 110 (R\$ 360,00), uma diferença de quase 40 % por m^3 . Em construções de casa residenciais ou pequenos comércios, o valor não afetaria tanto na construção, quanto em grandes estruturas como edifícios, pontes, viadutos etc. Como exemplo dos valores mencionados, supõe-se que um prédio possua um pavimento com 140 m^3 de volume de concreto, e contenha 10 pavimentos. Cada laje sairia por aproximadamente R\$ 36.400,00,

com o material comum, e R\$ 50.400,00 com o novo material, um valor que impactaria muito no orçamento final, como mostrado na tabela 1 e 2.

Tabela 1 – Valor por pavimento.

Tipo de material	Pav.	M3	Valor por m3	Valor por pav.
Concreco Conveccional	10	140	R\$ 260,00	R\$ 36.400,00
Bioconcreto	10	140	R\$ 360,00	R\$ 50.400,00

Fonte: Autoras (2023).

Tabela 2 – Valor total para 10 pavimento.

Tipo de material	Valor Total
Concreco Conveccional	R\$ 364.000,00
Bioconcreto	R\$ 504.000,00

Fonte: Autoras (2023).

Foi descrita acima a composição do Bioconcreto com dados levantados na utilização de um concreto com resistência de 35 kN de fck. Porém, para que fosse possível a sua aplicação, seria necessário contratar um laboratório que se especializa na fabricação e no fornecimento desse material para as construções, o que elevaria o custo do concreto devido às despesas de produção, armazenamento, deslocamento de materiais.

Quanto à resistência, foi adotada a mesma com base na fabricação do concreto convencional. Porém, não há pesquisas suficientes que comprovem que a bactéria ou a cápsula de lactato de cálcio mantenham a mesma resistência de fabricação, ou se ocorre alguma interfe-rência nesse desempenho, após o processo de cura do material.

Portanto, embora seja promissor em sua capacidade de auto reparação, o Bioconcreto enfrenta obstáculos devidos ao custo elevado de fabricação. Sua composição inovadora demanda custos financeiros elevados, tornando sua aplicação inviável em larga escala. Ainda que apresente benefícios à construção civil, na maioria das vezes, o orçamento restrito das construções opta por materiais mais baratos a curto prazo, dificultando a utilização do Bioconcreto. A busca por alternativas mais acessíveis e de menores custos continuará em vigor, até que sua aplicação futura se viabilize.

3. Metodologia

O presente trabalho consistiu em um estudo com base na coleta de informações, tomando-se como referência as bibliografias escassas sobre o tema, com a finalidade de se conhecer mais a fundo sobre o Bioconcreto. Após ter em mãos as principais características técnicas desse concreto autorrecuperável, foi verificado se a aplicação dele tem tido uma plena eficácia quanto à sua aceitação, pelo segmento da construção civil brasileira.

Como este assunto é novo há poucas informações disponíveis, foi necessário fazer um levantamento de dados, com base em entrevistas de profissionais especialistas nos ramos da construção, tecnologia do concreto e da Biologia.

Com o foco em obter as melhores informações a respeito do assunto, foi solicitado a esses profissionais, ativos dentro do mercado de trabalho, que revelassem quais seriam os seus pontos de vista sobre o Bioconcreto, a partir de suas áreas de atuação.

O foco das entrevistas permitiu fazer uma análise do produto objeto de estudo, comparando-o a outras opções dentro do universo científico, de modo a concluir se o mesmo teria condições de se estabelecer dentro do mercado brasileiro da construção.

Sabe-se que este mercado é crescente e se desenvolve de forma desafiadora, mas ainda é incerto se seria viável o uso do Bioconcreto, em sua forma original, tal como os compostos descritos por seu inventor, Hendrik Marius Jonkers.

Tendo em vista que esse assunto está com as pesquisas em andamento e não tendo dados assertivos quanto à sua viabilidade, usou-se as entrevistas para se ter uma melhor compreensão do material e poder analisar o que seria necessário para viabilizar a sua utilização atualmente.

4. Análise e discussão

Os conteúdos das entrevistas foram apresentados aqui, tal como opinaram os especialistas entrevistados.

4.1..Eng^a. Alessandra Castro

Na busca de informações e posicionamentos a respeito do Bioconcreto, foi entrevistada a Eng. Alessandra Castro, da concreteira Realmix, buscando seu ponto de vista a respeito do tema abordado neste trabalho.

Ela nos relatou que, para este tipo de concreto, caso fosse fabricado dentro da usina para a comercialização, teria que ser analisado uma logística dentro da usina para verificar se seria possível comercializar o Bioconcreto. Alessandra Castos, ressalta que a bactéria seria algo inserido manualmente como os cristalizantes de outros tipos de concreto. Sendo inserido nos materiais que passam na esteira, direto para a betoneira. Outra opção seria inseri-los direto nos caminhos (manualmente) dentro de sacos solúveis.

Outro questionamento feito para a Engenheira, com base em sua experiência e conhecimento dentro do mercado atual, se seria necessário criar um laboratório na usina para “manter” as bactérias que seriam inseridas no concreto. A engenheira acredita que é algo muito experimental para poder afirmar, porque em estudos na Holanda, o laboratório desenvolveu uma cápsula que envolvia a bactéria para que ela pudesse romper no momento certo, para não perder a função da bactéria no concreto.

O ideal para a usina seria comprar o produto de uma central - que seria especializada no fornecimento das bactérias - e através disso adicionar no caminhão, assim como cristalizantes, como o Penetron.

Alessandra alega que é algo muito complexo e especializado para ser implementado em um canteiro. Caso fosse, teria que ser contratada uma empresa especializada nesse ramo para ajudar no controle e orientações. Seria algo terceirizado, que poderia especializar.

Para a fabricação do concreto usinado nas concreteiras, é utilizado aditivos dentro da mistura, de acordo com o solicitado pelo cliente. Foi perguntado se esses aditivos poderiam afetar a bactéria, ela acredita que não interferirá, porque a cápsula protegerá a bactéria durante o processo de mistura, independente dos aditivos, e ela só sairá da cápsula quando ocorrer a ruptura no concreto com o contato da capsula com a água e ar, alterando o PH da cápsula causando a sua abertura, fazendo com que a bactéria entre em ação.

Sobre a questão da resistência do concreto e a regeneração da fissura, a Alessandra disse que essa ação de regenerar a fissura poderia melhorar a resistência do concreto, por ser fissuras pequenas, provavelmente causadas por retração ou tração. Quando fecha a fissura no local recupera o desempenho mecânico do elemento melhoraria. Ressaltou também que por conta da limitação da espessura de fissuração que as bactérias conseguem regenerar, será necessária fazer uma recuperação no local onde não foi possível realizar a autorregeneração com a ação das bactérias.

Foi levantado na entrevista qual era o ponto de vista da entrevistada a respeito do descarte do material no meio ambiente. A engenheira Alessandra acredita que não seria nocivo ao meio ambiente, pois ele tem ação parecida com os cristalizantes usados comumente no mercado e casou o descarte da bactéria em capsula, ela não romperia pela ausência dos componentes do concreto que reagem com a capsula. Tomando que, o descarte do Bioconcreto (material de estudo deste trabalho), é preciso seguir as mesmas orientações que o descarte dos outros concretos. Porque o resíduo de concreto não pode ser mandado para aterro sanitário, precisa de uma área específica para o descarte.

4.2. Bióloga Ana Curado

Para se ter uma visão ampla sobre como é visto o Bioconcreto dentro do mercado atual, foi entrevistado a Bióloga Ana Curado.

Caso houvesse o uso do Bioconcreto para a comercialização no nosso país, seria necessário cuidados com o manuseio do material, como qualquer outro tipo de substância. Ana Curado, disse que o uso de EPI, como máscara e luva, é imprescindível, já que se pode inalar grandes quantidades de bactérias liofilizadas, apesar de não ser conhecida como patogênica, o contato com animais em sua evolução foi muito restrito, já que seu habitat natural

é geralmente áreas inóspitas como crateras de vulcões ativos. Ainda não se tem conhecimento quanto ao impacto desta tecnologia na saúde humana.

Na visão da Bióloga, o descarte desse material deva passar por um tratamento para eliminação da bactéria, para que não ocorra a proliferação no meio ambiente, pois não sabemos que impacto poderia causar.

Na suposição do uso do Bioconcreto em estruturas submersas, como é usado fora Brasil em fase experimental, se teria chance de contaminar a água, ou da bactéria se proliferar ou se desenvolver nesses ambientes. Ela pontuou que a evolução tem ensinado que os microrganismos sofrem mutações com muita facilidade, tornando sua adaptabilidade quase sem limites. Então isso demanda pesquisas que iram esclarecer os possíveis riscos.

Conhecedora de como funciona as bactérias, foi perguntado qual seria o provável tempo de vida da bactéria no concreto. A mesma, disse que enquanto houver alimento que possibilite que a taxa de natalidade. Como não há um estudo a respeito desse tempo, seguia-se o que se tem na literatura, que informa o tempo de vida de uma bactéria é aproximadamente 200 anos.

Ao final da entrevista, foi comentado de entrevistada que da mesma forma que não é possível determinar o tempo de vida útil da bactéria dentro do concreto por falta de pesquisar aprofundados sobre o tema deste trabalho, não é possível saber também se essa aplicação causaria algum dano à saúde do ser humano.

4.3..Eng. Carlos Campos

Na entrevista concedida pelo Eng. Carlos Campos, ele disse que existem dois tipos de concreto classificados como Bioconcreto, um criado na Holanda, muito sofisticado, e que realmente é um regenerador de fissuras. É um composto biológico incorporado ao concreto, que fica em um estado adormecido dentro dele, até que surja uma fissura permitindo a adesão da água nesse espaço fissurado. Aí, o composto é ativado, fechando a fissura (0,2 e 0,5 mm).

O outro Bioconcreto são placas de concreto usadas para erguer paredes, que têm um PH mais baixo (menos alcalino), permitindo que as plantas vegetais consigam aderir à sua superfície e sobreviver com facilidade.

O Bioconcreto advindo da Holanda, segundo a opinião do Eng. Carlos Campos, não é um material que vigaria no Brasil, pois é relativamente 50% mais caro do que um similar a ele, existente no mercado interno. Existem, ainda, outras opções e o mais consumido no mercado, atualmente, no Brasil, é o Penetron. Trata-se de um cristalizante que, ao ser colocado no concreto, ele cristaliza o material, deixando-o impenetrável, fechando os seus poros. Vem sendo usado para fazer lajes sob pressão hídrica, por exemplo. Este é um produto nacional, bem mais acessível e com um efeito similar ao do Bioconcreto holandês.

Na visão do entrevistado, sendo ele dono e responsável técnico por um laboratório tecnológico de engenharia, ele supõe que, para que o Bioconcreto seja comercializado aqui no Brasil, teria que existir uma grande mudança de comportamento, de mercado e em normas, para nortear as atividades de sua fabricação, manuseio e aplicação prática. Seria preciso fazer uso de novas tecnologias e contar com profissionais especializados.

Em relação ao laboratório, a mudança seria maior, pois são executados serviços com moldagem, extração e ruptura de corpos de prova. O local teria que ter uma preparação especial, por se tratar de manuseio de bactérias, de forma direta ou indireta.

Ao se comentar sobre a diferença entre o Penetron e o Bioconcreto, foi explicado que, pelo fato de o Penetron ser um cristalizante, ele torna os concretos impermeáveis quando é usado e, caso ocorra alguma fissura, ele não tem capacidade de regenerar o local fissurado, tal como faz o Bioconcreto.

As lajes submetidas a pressão, no exemplo citado, são um dos desafios na engenharia, pois, mesmo que o aditivo seja cristalizante e exerça uma boa função. O concreto se movimenta sempre e, quando ele é lançado nas formas, ocorre o processo de sua retração. Após um período, já começa a ocorrer o processo de alívio do concreto e é nesse movimento que uma que as fissuras surgem.

Como o grande desafio são as fissuras, o Bioconcreto seria uma excelente opção, pois seria um tratamento permanente e eficaz, por se tratar as menores fissuras, as grandes não surgiram com tanta facilidade. Como o Bioconcreto não está disponível no mercado, uma das técnicas que são utilizadas para o reparo de fissuras e rachaduras é a injeção de resina de poliuretano, havendo infiltração ou não, e é bastante usado em barragens e grandes estruturas.

4.4. Colocação da análise e discussão

Diante do conteúdo das entrevistas, pode-se perceber que o Bioconcreto no Brasil precisará vencer grandes desafios na estruturação da biossegurança profilática nas obras, junto dos fornecedores de concreto e dos laboratórios de ensaios tecnológicos, tal como ocorreu entre as empresas holandesas ligadas à construção civil.

A experiência da Basilisk, por exemplo, a empresa, localizado em Delft na Holanda. O foco se concentra em buscar produtos bioadaptáveis, que são materiais que contêm ou estimulam organismos vivos para o aumento do desempenho funcional e a redução de impactos ambientais.

Eles comercializam três tipos: Basilisk Agente de Cura, argamassa de Reparo de Autocura Basilisk MR3 e basilisk Agente de Recuperação de Líquidos ER7

O Basilisk Agente de Cura é um aditivo para se adicionar ao concreto que o torna impermeável, aumenta sua vida útil, reduz as manutenções e a redução da pega de carbono.

A argamassa de Reparo de Autocura Basilisk MR3 é usado como reparados de fissuras já existentes em outras superfícies. Onde, é reparado os danos no local, o torna impermeável, aumenta a aderência a adesividade.

E por fim, basilisk Agente de Recuperação de Líquidos ER7, também utilizado para reparo de danos em edificações já existentes. É de aplicação de forma rápida e fácil, realiza o preenchimento de fissuras até 0,8mm e protege de danos causados pelas geadas.

Observando o panorama brasileiro, temos vários produtos que se utiliza para o tratamento de fissuras, não é da forma que o Bioconcreto funciona, mas auxilia nas manutenções e reparos.

Um dos produtos em destaque no mercado é o Penetron e a Injeção de resíduos e foi citado nas entrevistas acima.

O Penetron é um aditivo cristalizante versátil, pode-se usar na mistura do concreto em uma usina, até para áreas de acabamento em uma obra. O uso desse composto dentro do concreto é interessante, pois ao ser aplicado o material aditivado no local escolhido, no processo de cura, o Penetron vai agindo e cristalizando as fissuras, tornando-o a superfície impermeável.

Desta forma não é possível a água percorrer a parte interna da estrutura. Assim, podendo ser aplica em local que terão contato intenso com umidade como piscinas, lajes sobrepreço, estacionamentos, tuneis, fundação, reservatórios, pontes etc.

Já o processo de injeção de resina de poliuretano, é utilizado em ambientes com a existência de fissurados, em que é necessário o reparo. O Sistema tem o objetivo é proteger e recompor a estrutura através do tratamento das trincas e fissuras, sejam elas secas ou úmidas.

As suas principais características são a de ter uma grande durabilidade, baixa viscosidade, a penetração do produto é em fissuras maiores ou iguais e 0,1 mm.

Desta forma, pode-se avaliar que o mercado brasileiro existe vastas opções de produtos que são utilizados para tratar as fissurar que aparecem nas estruturas de concreto e que algumas vezes essas soluções funcionam de imediato ou de forma paliativa. De qualquer forma, a chegada do Bioconcreto para a comercialização de forma fácil e eficiente seria com solução imediata e constante, trazendo benefícios futuros.

5. Conclusões

O Bioconcreto, uma inovação na indústria da construção, cresce como uma solução possível e revolucionária para as fissuras, oferecendo a capacidade de o concreto se auto regenerar. Embora seja um avanço tecnológico, seu alto custo limita sua aplicação nas construções, que ainda buscam executar obras e serviços com os menores custos possíveis.

Os problemas existentes para a aplicação do Biocon-creto vão além do seu custo. Sua eficiência, durabilidade e resistência devem também ser estudadas e aprimoradas, sendo necessária a elaboração de normas que transmitam segurança e confiabilidade para sua aplicação. Há necessidade de se aprofundar o conhecimento sobre sua interação com diferentes ambientes, condições climáticas e tipos de construção, o que importa para garantir sua eficiência a longo prazo.

Para que isso seja possível, é necessário fazer mais investimento em estudos, pois são fundamentais para tornar esse material uma opção acessível e confiável para a construção civil. Assim, o futuro do Bioconcreto, como uma solução sustentável e de alto desempenho, depende do comprometimento da ciência com pesquisas.

6. Agradecimentos

Os sinceros agradecimentos primeiramente a Deus, que proporcionou graças e bênçãos as autoras para que isso fosse possível. Ao professor orientador, que apresentou seu vasto conhecimento sobre a área de engenharia civil e conduziu o melhor caminho a ser seguido, abrindo portas para a aprendizagem das estudantes.

Todo reconhecimento também ao pais e avós, de ambas as alunas, que as apoiaram do início ao fim, e aguardaram de perto a triagem desse caminho, com toda dedicação.

Por fim, gratidão a banca que aceitou o convite, e fez parte do presente trabalho.

7. Referências bibliográficas

1. COUTO, J. A. S.; CARMINATTI, R. L.; NUNES, R. R. A.; MOURA, R. C. O concreto como material de construção. V. 1, n. 17, P. 49-58. Sergipe. 2013.
2. NAKAMURA, J. Fissuras põem em risco a vida útil das estruturas de concreto. AECweb. 2017. Disponível em: < Fissuras põem em risco a vida útil das estruturas de concreto | AECweb>. Acesso em: 11 mai. 2023.
3. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118/2003: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
4. ALEXIA, R. Bioconcreto: o concreto que se auto regenera. GEOTESC. 2017. Disponível em: < Bioconcreto: o concreto que se auto regenera | GEOTESC >. Acesso em: 18 set. 2023.
5. BBC NEWS. Conheça o Bioconcreto, material que fecha as próprias rachaduras. BCC NEWS Brasil. 2016. Disponível em: < Conheça o bioconcreto, material que fecha as próprias rachaduras | BBC NEWS Brasil >. Acesso em: 18 set. 2023.
6. BLOG DO PROFESSOR FRED. Bioconcreto, o concreto que se regenera sozinho. Blog do professor Fred. 2019. Disponível em: < Bioconcreto, o concreto que se regenera sozinho. | Blog do professor Fred >. Acesso em: 28 out. 2023.

7. BASILISK: Self reading concrete. Como funciona o concreto autocurativo Basilisk?. 2021. < Como funciona o concreto autocurativo Basilisk?| BASILISK: Self reading concrete. >. Acesso em: 16 out. 2023.
8. THÓRUS ENGENHARIA. Bioconcreto: você sabe o que é?. Thórus Engenharia. 2019. Disponível em: < . Bioconcreto: você sabe o que é?. | Thórus Engenharia. >. Acesso em: 16 out. 2023.
9. ZAGU, A. F. Estudo comparativo entre métodos de recuperação de estruturas com processos de autocura: Bioconcreto e concreto autocicatrizante. Universidade do Sul de Santa Catarina. 2021. Santa Catarina. 2021.
10. GATO, M. C. S.; MUNIZ, W.; SILVA, K. B. Autorregeneração de fissuras em concreto a partir de uma cultura de bactérias. Research, Society and Development, v. 10, n. 6. 2021.
11. CHI, R.; XIAO, C.; ZHENG, Y.; Remediação da poluição do solo por cádmio por biomineralização usando precipitação induzida por micróbios: uma revisão. ResearchGate. 2021. < . Remediação da poluição do solo por cádmio por biomineralização usando precipitação induzida por micróbios: uma revisão | ResearchGate. >. Acesso em: 16 out. 2023.
12. SILVA, F. P. C; PASSARINI, V. C.; SANTOS, F. C. S. Bioconcreto: A tecnologia para construção sustentável. Complexo educacional Faculdade Metropolitana Unidas. 2017.
13. RAGANATI, B. Preço do concreto. Blog do concreto. 2019. Disponível em: < . Preço do concreto | Blog do concreto. >. Acesso em: 16 out. 2023.



**PUC
GOIÁS**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1008 • Setor Universitário
Cidade Postal 88 • CEP 74095-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (61) 2445-1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Maria Clécia Pereira Moraes
do Curso de Engenharia Civil, matrícula 2018102501130,
telefone: 62998592309 e-mail clcp.moraes343@gmail.com, na qualidade de titular dos
direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
Bioconcreto: Recuperação de Patologias no Concreto Armado
gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 13 de dezembro de 2023.

Assinatura do(s) autor(es): Maria Clécia P. Moraes

Sabrina Gonçalves Ferreira

Nome completo do autor: Maria Clécia Pereira Moraes

Sabrina G. Ferreira

Assinatura do professor-orientador: Paulo José Maranhão Bonif

Nome completo do professor-orientador: Paulo José Maranhão Bonif