



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS FACULDADE
PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI CURSO:
ENGENHARIA CIVIL**

LUCAS FERREIRA DA SILVA

**ESTUDO DO BIOCONCRETO PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS
ESTRUTURAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

TEÓFILO OTONI - MG 2019

LUCAS FERREIRA DA SILVA

**ESTUDO DO BIOCONCRETO PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS
ESTRUTURAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Artigo científico apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni, como requisito parcial para a aprovação no exame final (tcc), sob a orientação do Professor. Msc. Rodrigo Silva Colares.

TEÓFILO OTONI - MG 2019

RESUMO

O concreto devido à suas características de resistência, fácil acesso e manuseio, torna-se um material muito requisitado no setor da construção civil. No entanto, a solicitação que lhe é atribuída através de sobrecargas, bem como a ação de agentes corrosivos, intempéries e o tempo de vida útil, faz com que o concreto sofra com a aparição de algumas patologias. Desta forma, a estrutura pode ficar comprometida, e riscos de desestabilização e até mesmo o colapso são propícios. Diante disso, o concreto biológico surge com a necessidade de coibir o problema, capaz de promover manutenções e reparos simultaneamente. Utiliza-se de uma bactéria cuja principal característica é restaurar as disfunções presentes no concreto, prolongando a vida útil da estrutura e reduzindo o custo com manutenções. Este trabalho tem o intuito de estudar a viabilidade técnica e econômica da utilização do Bioconcreto em substituição do concreto comum para solução de problemas estruturais na construção civil. Foi notório perceber que o Bioconcreto é de extrema importância para o desenvolvimento da construção civil, uma vez que sua utilização promove redução de tempo com reparos e manutenções. Porém, por se tratar de um material de custo elevado, em suas condições atuais, torna-se viável apenas para obras de grande porte e de difícil acesso, cuja dificuldade de reparos seja maior.

Palavras-Chave: Bioconcreto, concreto regenerativo, bactéria.

ABSTRACT

Concrete, due to its strength characteristics, easy access and handling, becomes a very popular material in the construction sector. However, the stress attributed to it by overloads, as well as the action of corrosive agents, weathering and the service life, causes the concrete to suffer from the appearance of some pathologies. In this way the structure can be compromised, and risks of destabilization and even collapse are conducive. Given this, the biological concrete arises with the need to curb the problem, capable of promoting maintenance and repairs simultaneously. It uses a bacterium whose main characteristic is to restore the dysfunctions present in the concrete, prolonging the service life of the structure and reducing the maintenance cost. This work aims to study the technical and economic feasibility of using Bioconcrete to replace common concrete to solve structural problems in construction. It was noticeable to realize that Bioconcrete is extremely important for the development of civil construction, since its use promotes reduction of time with repairs and maintenance. However, because it is a high cost material, under its current conditions, it becomes viable only for large works and difficult to access, whose difficulty of repairs is greater.

Keywords: Bioconcrete, regenerative concrete, bacteria.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES:

Tabela 1 - Custo com manutenção de obras.....	16
Gráfico 1 - Incidência das origens das enfermidades no Brasil (Carmona)	12
Gráfico 2 - Gastos anuais com viadutos, pontes, passarelas e túneis	14
Figura 1 - Bactéria Bacillus Pseudofimus	10

Figura 2 - Processo de calcificação do concreto	11
Figura 3 - Patologia diagnosticada na parede	14
Figura 4 - Andamento do processo de fechamento das fissuras.	16

SUMÁRIO

2. OBJETIVOS	8
2.1 Objetivo Geral	8
2.2 Objetivos Específicos.....	8

3. JUSTIFICATIVA	8
4. REFERENCIAL TEÓRICO	9
4.1 Histórico do Bioconcreto	9
4.2 Processo De Criação E Implantação Do Bioconcreto	10
4.3 Problemas Estruturais E Estéticos Nas Construções	12
4.3.1 Patologias	12
4.3.2 Fissuras E Infiltrações	13
5. VIABILIDADE DO BIOCONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	13
5.1 Concreto Convencional	13
5.1.1 Bioconcreto	15
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
REFERÊNCIAS	18

1. INTRODUÇÃO

O concreto é muito utilizado em todo o mundo por pequenas e grandes construções devido sua facilidade de preparo e obtenção de materiais, fácil acesso à mão de obra, boa resistência ao fogo e baixo custo para implantação. Para sua composição é necessário a utilização de aglomerantes (cimento), agregados (areia e pedra) e água, atingindo plasticidade ideal para sua utilização, transporte e lançamento em formas, alcançando maior resistência com o decorrer do tempo (ALMEIDA, 2002).

Por ser um setor que vem crescendo gradativamente no decorrer dos anos, a construção civil faz com que, conseqüentemente, a produção de concreto também aumente significativamente. No entanto, a resistência desse material, dá-se apenas à esforços de compressão e é denominado frágil às reações de tração. Por isso, é de extrema importância, a utilização do aço na composição do concreto como um elemento resistente aos esforços de tração, formando o denominado concreto armado.

Apesar da junção desses materiais fazer com que o concreto se torne mais eficaz aos esforços solicitados, esse material está sujeito à pequenas trincas, rachaduras e fissuras devido a carga aplicada e sua dificuldade para com uma impermeabilização eficaz. Com isso, a estrutura pode ser danificada devido a exposição do aço e sua susceptibilidade a sofrer corrosão quando em contato com a água ou outros efluentes corrosivos. Esse fato, fragiliza a estrutura com o decorrer do tempo, além de prejudicar a estética da obra.

De acordo com Santos (2013) o concreto é o segundo material mais utilizado no mundo, perdendo apenas para a água. Por consequência intensifica a elaboração de novas pesquisas em busca de inovações para solucionar problemas, como os citados anteriormente. Desta forma, a fim de procurar soluções para que o concreto tenha a capacidade de atingir o máximo do seu desempenho estético e estrutural, minimizando seus defeitos e reparos com mão de obra futura, foi criado o Bioconcreto.

O Bioconcreto é um material bastante peculiar se tratando de inovação, produto cuja função é solucionar os problemas nas obras que são gerados por intempéries e reações mecânicas no concreto. Feito a partir de bactérias capazes de restaurar patologias apresentadas nas construções.

Devido ao alto índice de patologias, com o passar do tempo, no concreto convencional e a necessidade de melhorar a durabilidade e aumentar a vida útil das

construções, se faz importante pensar em novas opções a fim de solucionar os problemas expostos. O estudo mais aprofundado do bioconcreto surge a partir de sua característica, capaz de sanar os contratempos apresentados no concreto convencional, através da implantação de uma bactéria que visa facilitar e reduzir possíveis gastos futuros em reparos e mão de obras.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar a viabilidade técnica e econômica da utilização do Bioconcreto em substituição do concreto comum para solução de problemas estruturais e estéticos na construção civil.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Conhecer os aspectos de criação e implantação do Bioconcreto;
- ✓ Analisar a viabilidade do bioconcreto na construção civil atualmente;
- ✓ Identificar as principais vantagens e desvantagens do Bioconcreto;
- ✓ Analisar como a bactéria *Bacillus pseudofirmus* age dentro do concreto, e os elementos necessários para sua regeneração;
- ✓ Comparar as especificações do Bioconcreto com o concreto comum.

3. JUSTIFICATIVA

Devido ao alto índice de patologias que surgem no concreto, com o passar dos tempos, e a necessidade de melhorar a durabilidade, aumentando a vida útil das construções, destaca-se a importância de estudar melhor o bioconcreto. A partir de sua característica, capaz de sanar os problemas apresentados no concreto através da implantação de uma bactéria visando facilitar e reduzir possíveis gastos futuros em reparos e mãos de obra.

Salientando que o concreto estará sempre a mercê do surgimento de patologias devido as altas solicitações que lhe são atribuídas, além dos fatores ambientais que influenciam no surgimento de diversos problemas.

A carência de inovações no país faz com que os estudos realizados tenham como base, dados de lugares distantes da realidade local, além de apresentarem diferentes condições de obtenção de recursos que atenda no processo de criação e implantação de um material inovador.

Tendo em vista a necessidade de manutenções em obras de grandes proporções e de difícil acesso, o artigo tem como função enaltecer os benefícios, qualidades e facilidade de manuseio e aplicabilidade que o bioconcreto gera em prol do setor construtivo.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Histórico do Bioconcreto

Em 2006, o microbiologista Hendrick Jonkers, deu início a uma pesquisa na Universidade de Delfit na Holanda quando fora questionado pelo então Engenheiro civil, Eric Schlangen, (especialista em materiais de construção) se era possível que o concreto fechasse suas fissuras sem a necessidade de reparos. Diante disso, Jonkers analisou a possibilidade de utilizar bactérias junto ao concreto com o intuito de que os microrganismos fossem capazes de cicatrizar as trincas presentes no mesmo. No entanto, era necessário a utilização de bacilos cujas características fossem capazes de solucionar os problemas apresentados nas estruturas. (SANTOS, 2013).

Após estudos realizados por Jonkers, foi constatado que os microrganismos capazes de se adaptarem ao concreto são denominados “BACILLUS PSEUDORFIMUS” (figura 1). Encontradas somente na Rússia em lagos alcalinos próximos a vulcões, esses microrganismos são capazes de sobreviver a lugares inóspitos como o concreto que possui um índice de ph acima de 10,0, além de ter como característica microbiológica o poder de restaurar o concreto (JONKERS, 2015).

Figura 1 - Bactéria Bacillus Pseudofimus.



Fonte: Alexia (2017).

O processo de regeneração do concreto através das bactérias seria idêntico a reestruturação dos ossos no corpo humano. Essas células têm características semelhantes às bactérias, capazes de criar novos vasos sanguíneos possibilitando que a membrana óssea se regenere. Assim são os bacilos que, após o surgimento de fissuras, emergem das cápsulas e consomem o alimento implantado junto a ela. Após sua digestão, se dá início ao processo de regeneração do concreto (VENDRAMI, 2016).

Além de poder sobreviver por décadas sem se alimentar e por mais de 200 anos dormente no concreto, essa bactéria tem a função de sanar os problemas derivados de patologias apresentadas na estrutura, com a capacidade de fechar trincas e fissuras, proporcionando maior estabilidade, durabilidade e economia (JONKERS, 2015).

4.2 Processo De Criação E Implantação Do Bioconcreto

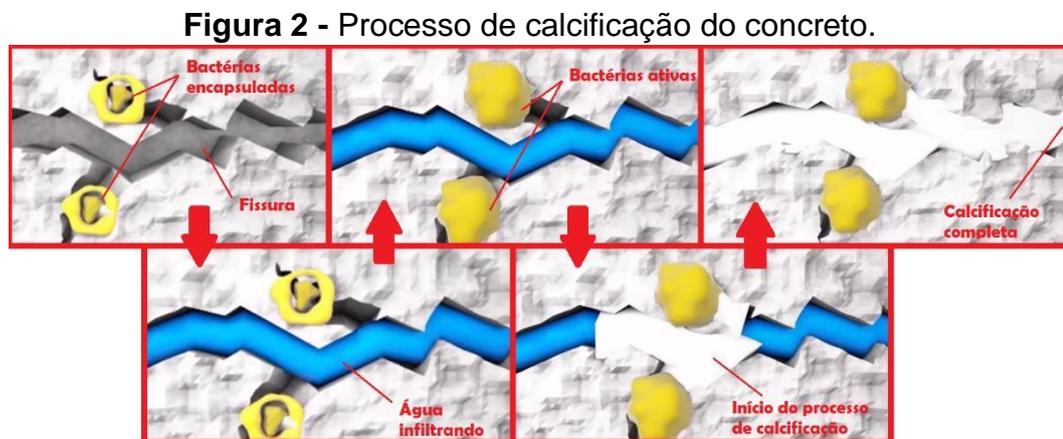
O Bioconcreto, também conhecido como “concreto auto cicatrizante”, consiste na mistura de nitrogênio, fósforo e nutrientes a base de lactato de cálcio, além da própria bactéria “bacillus pseudorfimus” adensada a uma capsula biodegradável junto ao concreto comum, ainda no processo de mistura (JONKERS, 2015).

As bactérias permanecem em estado latente por anos e, só são ativadas, quando o concreto emerge fissuras, rachaduras ou trincas, admitindo oxigênio e umidade. Assim, as cápsulas são desintegradas e os micro-organismos começam a

se alimentar do lactato de cálcio e, após sua digestão, liberam a calcita ou “calcário”, preenchendo as deformações que o concreto apresenta em até três semanas.

As bactérias, depois de reparar as imperfeições, viram novos esporos e, apesar de não ser o local propício de sua sobrevivência, permanecem no concreto voltando ao estado de inatividade e são ativadas apenas quando entrarem, novamente, em contato com umidade e oxigênio, retomando todo o ciclo (PINHEIRO, 2019).

Segundo Vendrami (2016) o processo de cicatrização está limitado a uma largura máxima de 8 mm. Porém, o comprimento das patologias não interfere no processo de cura do concreto, como apresentado na Figura 2.



Fonte: Vendrami (2016).

Muitas obras são feitas em lugares que estão em uso ou de difícil acesso como: túneis, pontes e barragens, o que dificulta o processo de manutenção quando necessário. O custo na execução de uma obra é relativamente alto, visto que, a necessidade de manutenção surge no decorrer e após a implantação (PINHEIRO, 2019).

De acordo com Araújo et al (2019), estima-se de acordo com o projeto “Healcon” (financiado pelo FP-7 da UE) que o custo com manutenções chega a 6 bilhões de dólares por ano na Europa em construções de pontes, túneis e muros de contenções. A fim de minimizar os impactos financeiros e prolongar a vida útil das construções, o Bioconcreto já vem sendo utilizado em alguns países Europeus.

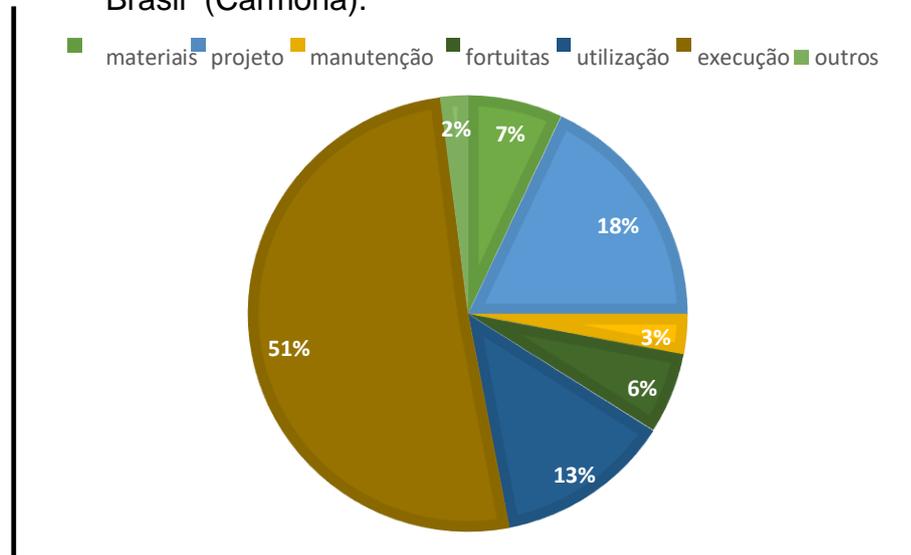
4.3 Problemas Estruturais E Estéticos Nas Construções

4.3.1 Patologias

Como já citado, o concreto é muito utilizado na maioria das construções, no entanto, o aparecimento de trincas e fissuras são inevitáveis com o decorrer do tempo, deixando a estrutura exposta à umidade e outros efluentes que podem comprometer a armadura de aço, ocasionando corrosão e, futuramente, podendo fazer com que a construção venha ao colapso (PINHEIRO, 2019).

Segundo Junior (2019) os surgimentos de patologias estruturais são comuns em obras devido o avanço que a construção civil possui em executar obras mais elegantes, leves e solicitadas. Além disso, a eficiência na execução de modo a reduzir o tempo e custo faz com que problemas estruturais apareçam, causados por erros de execução, má supervisão e administração da obra. Como mostra com o Gráfico (1), é possível observar índices sobre a incidência de patologias nas construções.

Gráfico1 - Incidência das origens das enfermidades no Brasil (Carmona).



Fonte: adaptado Silva, A e Jonov, C (2018).

Ainda de acordo com Junior (2019), o processo de execução sem fiscalização e cumprimento de exigências mínimas e máximas, é o maior causador de patologias em grandes e pequenas construções. Isso ocorre devido a negligência na produção ou manutenção do material feito por pessoas sem qualificação para o seu manuseio.

4.3.2 Fissuras e Infiltrações

As fissuras e infiltrações são alguns dos principais problemas estruturais e estéticos que as construções apresentam. Com o decorrer do tempo, essas fissuras passam a se tornar trincas e possíveis rachaduras podendo comprometer a armadura de aço que tende a corroer devido contato com a umidade e possíveis efluentes expondo a estrutura. O concreto, sem uma impermeabilização eficaz, tende a absorver umidade fazendo com que surjam infiltrações capazes de expor o ambiente interno ficando nocivo ao contato com o ser humano; além de ambas comprometerem a estética, durabilidade e resistência das construções. Esses fatores fazem com que as empresas gastem valores absurdos com manutenções de correção, durante e após o termino da obra (JUNIOR, 2019).

5. VIABILIDADE DO BIOCONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

5.1 Concreto Convencional

O concreto por se tratar de um material cujas características englobam fácil obtenção, composição, manuseio e custo para implantação, além de ser eficaz às solicitações que lhe são atribuídas, faz com que sua diversificação e aplicabilidade o torne um produto requisitado em obras de pequeno, médio e grande porte como; pontes, rodovias, viadutos, túneis e edificações (Andrade e Silva, 2008).

Ainda ressaltado por Andrade e Silva (2008), apesar de todos os benefícios que o concreto apresenta, com o passar dos anos, o surgimento de algumas patologias é inevitável, fator que preocupa o setor da construção civil devido o curto prazo com que as obras estão apresentando essas anomalias. Diversas vezes, as construções necessitam de manutenções com menos de 20 anos de existência para tentar manter ou aumentar sua vida útil.

O surgimento de patologias ocorre devido as sobrecargas, agentes agressivos e infiltrações, admitindo umidade fazendo com que o concreto diminua o seu ph, fragilizando a armadura e o tornando vulnerável à degradação, como apresentado na figura 3. São fatores que desestabilizam e comprometem as construções com o decorrer do tempo (HELENE, PAULO, 1993).

Figura 3 - Patologia diagnosticada na parede.

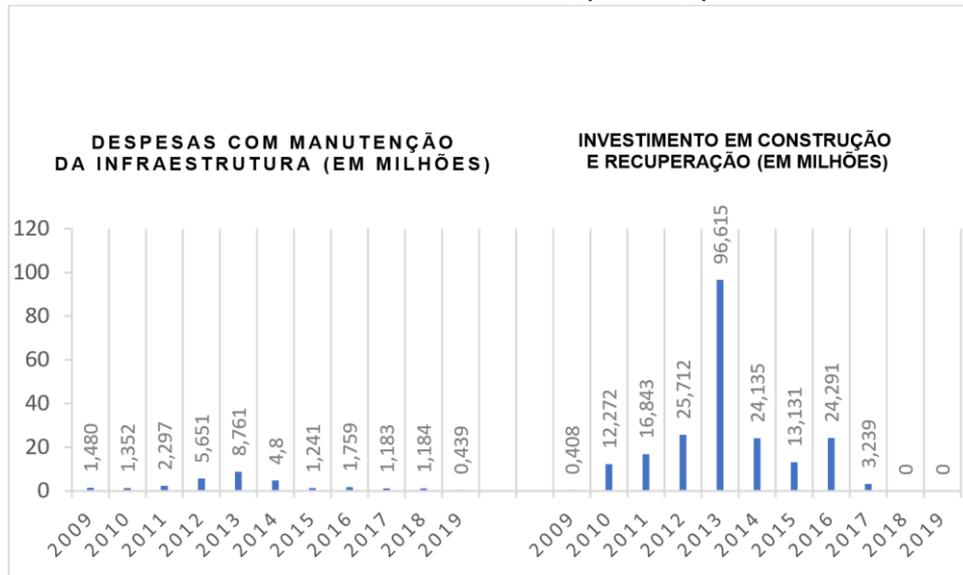


Fonte: Disimone (2010).

Segundo Andrade e Gonzales (1978) o custo com manutenção causados pela corrosão em estruturas de concreto armado é de 1,25 % a 3,50 % do produto nacional bruto em países em desenvolvimento.

Ressaltando essa afirmação, Metha e Monteiro (1994) denotam que, mais de 40% dos gastos em construções civis, são geradas pela necessidade de manutenção das estruturas. Desta forma, segundo Castro (2016), o custo em manutenção e reparos em estruturas de concreto em países desenvolvidos é similar ao mesmo de novas construções.

Analisando a situação no Brasil como exemplo, no Rio de Janeiro, o custo com manutenção em obras como viadutos, pontes, rodovias e passarelas são elevados. No entanto, de acordo com a análise feita pelo gabinete de Teresa Bergher, apenas R\$ 439 mil foram gastos em 2019, valores que começaram a despencar desde 2013 de acordo com o gráfico 2. Devido ao alto custo para arcar com a conservação das obras, o tempo de vida útil e estabilidade devido à falta de manutenção e reparos é inevitável, podendo comprometer toda a construção se não forem tomadas as devidas providencias (Selma Schmidt, 2019).

Gráfico 2 - Gastos anuais com viadutos, pontes, passarelas e túneis.

Fonte: adaptado Schmidt (2019).

Em cada fase que os problemas de patologias presentes no concreto não forem sanados, em média, podem custar de 5 a 25 vezes a mais que medidas corretas na fase de projeto e manutenção, podendo chegar até 125 vezes a mais do valor inicial da obra (Andrade e Silva, 2012).

5.1.1 Bioconcreto

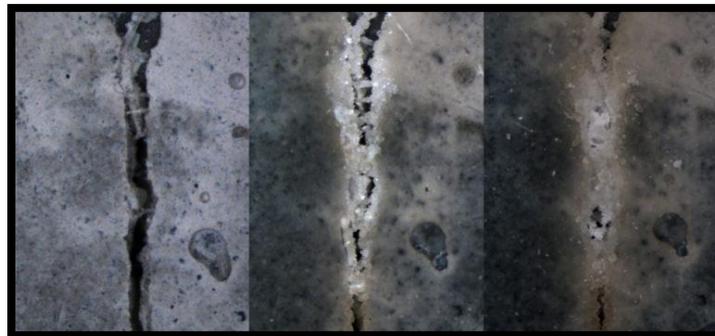
Diante de problemas que surgem em construções de concreto, um material foi criado capaz de sanar os problemas decorrentes de ações patológicas apresentadas no mesmo. Além de reduzir o custo com manutenções e reparos como mostrado na tabela 1, a implantação do bioconcreto reduz o impacto de economia em países em até 69% do consumo total gerado (Araújo, Abreu, Órfão e Amarante, 2019).

Tabela 1 - Custo com manutenção de obras.

ANO	DESPESA COM ECONOMIA	69% DE MANUTENÇÃO	VALOR REAL DE MANUTENÇÃO
2010	R\$1.352.000,00	R\$932.880,00	R\$419.120,00
2011	R\$2.297.000,00	R\$1.584.930,00	R\$712.070,00
2012	R\$5.651.000,00	R\$3.899.190,00	R\$1.715.813,00
2013	R\$8.761.000,00	R\$6.045.090,00	R\$2.75.910,00
2014	R\$4.800.000,00	R\$3.312.000,00	R\$1.488.000,00
2015	R\$1.241.000,00	R\$856.290,00	R\$384.710,00
2016	R\$1.759.000,00	R\$1.213.710,00	R\$545.290,00
2017	R\$1.183.000,00	R\$816.270,00	R\$366.730,00

Fonte: adaptado Araújo, Abreu, Órfão e Amarante (2019).

O Bioconcreto é considerado um material bastante peculiar, constituído a base de bactérias capazes de reduzir os espaços vazios que surgem em decorrência da decomposição do concreto devido algumas procelas geradas através de sobrecarga, impermeabilização ou agentes ambientais. O seu processo de fabricação é semelhante ao concreto convencional que, adicionando a bactéria “*Bacillus pseudofimus*” e lactato de cálcio como seu alimento, é capaz de fechar trincas e fissuras após liberarem calcário na sua digestão como apresentado na Figura 4 (VENDRAMI, 2016).

Figura 4 - Andamento do processo de fechamento das fissuras.

Fonte: Vendrami (2016).

De acordo com Reis e Luan (2017), o concreto, após testes realizados com a bactéria, admitiu resistência a compressão de 25% a mais que o concreto comum, além de aumentar sua resistência a permeabilidade de 17 a 36%.

Em de obras que foram erguidas há décadas e que sofrem com o surgimento de fissuras e trincas devido a ação de agentes externos e sobrecargas, a necessidade de mão de obra para reparos é inevitável e constante. Para tentar amenizar os problemas que causam incômodo e podem vir a comprometer a estrutura, foi criado um líquido com a mesma composição do bioconcreto capaz de restaurar as patologias já existentes no concreto ou proteger a edificação (VENDRAMI, 2016).

Vendrami (2016) afirma que, apesar de todas as qualidades do bioconcreto, o que ainda impede sua adesão no mercado mundial é o seu elevado custo, cerca de 40% mais caro que o concreto convencional. Apesar de ser o fator que ainda dificulta sua comercialização, a implantação do bioconcreto proporciona uma série de benefícios - redução de gastos futuramente, evitando manutenções em obras de difícil acesso, além de prolongar o tempo de vida útil das construções.

Diante da série de benefícios gerados à construção civil, já estão sendo analisados outros métodos a fim de reduzir o valor do material. Assim, então, poderá ser comercializado e implantando em todos os países com o intuito de facilitar a vida das empresas prestadoras de serviços, elevando ainda mais a versatilidade e desenvolvimento da construção civil (JONKERS, 2015).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os estudos apresentados, a utilização do Bioconcreto possui um valor elevado devido à dificuldade em se obter os agentes que tem como função restaurar as deformações que o concreto apresenta. No entanto, uma vez utilizado as bactérias, elas têm a capacidade de se reproduzirem, bem como sobreviverem por anos dentro do concreto, mantendo-o sempre pronto para combater as adversidades que lhe são geradas.

É notório identificar que, o Bioconcreto, é um material capaz de restabelecer sua forma física sem nenhuma necessidade de reparos com mão de obra, aumentando ainda mais sua resistência, pois as bactérias preenchem os espaços vazios que surgem no concreto devido o material que lhe é adensado. Após a

liberação de calcário feito pela bactéria como meio de digestão, o concreto junto ao calcário, proporciona maior resistência e consegue restaurar suas patologias em poucos dias, evitando possíveis transtornos futuros.

No entanto, a implantação do Bioconcreto por se tratar de um material de custo elevado, em suas condições atuais, torna-se viável apenas para obras de grande porte e de difícil acesso, cuja dificuldade de reparos seja maior, além de requerer profissionais qualificados aumentando ainda mais o custo.

Por fim, o Bioconcreto é de extrema importância para o desenvolvimento da construção civil devido sua utilização prover redução de tempo com reparos e manutenções. Além disso, sua criação e aplicação permite os mesmos profissionais capacitados que moldavam o concreto convencional. Ainda, a aplicabilidade do Bioconcreto, pode aumentar a estabilidade das construções, concedendo uma estética mais apresentável e aumentando sua vida útil e redução de custos.

REFERÊNCIAS

ALEXIA, R. Bioconcreto: o concreto que se auto regenera, 2017. Disponível em <<http://www.geotesc.com.br/site/tag/bacillus-pseudofirmus/#>>, Acesso em: 29 de setembro de 2019.

ALMEIDA, L, C. Concreto, 2002. Disponível em <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf> >, Acesso em: 07 de julho de 2019.

ANDRADE, C.; GONZÁLEZ, J. A. Quantitative measurements of corrosion rate of reinforcing steels embedded in concrete using polarization resistance measurements. *Werkstoffe um Korrosion*, Berlim, Alemanha, v. 29, p. 515-19, 1978.

ANDRADE, T, SILVA, A. CONSIDERAÇÕES SOBRE DURABILIDADE, PATOLOGIA E MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS, 2012. Disponível em <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2012/04/considerac3a7c3b5es-sobre-durabilidadepatologia-e-manutenc3a7c3a3o-das-estruturas.pdf>>, Acesso em : 16 de maio de 2019.

ARAUJO, ABREU, ÓRFÃO E AMARANTE, Bioconcreto, vol.8N° 2, 2019, Disponível em <<https://revistas.brazcubas.br/index.php/dialogos/article/view/686/680>>, Acesso em: 29 de junho de 2019.

CASTRO, T. Manutenção em estruturas de concreto armado baseado no conceito de manutenção centrada em confiabilidade, 2016. Disponível em <<http://poliintegra.poli.usp.br/library/pdfs/3da1ec3bd8051e3993d1a450952005e1.pdf>>, Acesso em: 23 de abril de 2019.

DISIMONE, M. Trincas em paredes, pilares e lajes, 2010. Disponível em <<https://www.sindiconet.com.br/informese/trincas-em-paredes-pilares-e-lajes-manutencaocheckup-e-inspecao-predial>>, Acesso em: 20 de abril de 2019.

HELENE, PAULO R. L. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. São Paulo, 1993. Tese (Livre docência). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Acesso em 05 maio 2019.

JONKERS, M. Hendrick Marius Jonkers (Países Baixos), 2015. Disponível em <<https://www.epo.org/learning-events/european-inventor/finalists/2015/jonkers.html> >, Acesso em 12 de maio de 2019.

JUNIOR, P. 6 Problemas gerados por problemas estruturais, 2019. Disponível em <<https://projunior.com.br/6-problemas-gerados-por-problemas-estruturais/>>, Acesso em 14 de maio de 2019.

PINHEIRO, I. Entenda o que é o concreto biológico, 2019. Disponível em <<https://www.inovacivil.com.br/concreto-biologico/>>, Acesso em : 01 de maio de 2019.

SANTOS, Altair. Bactéria pode dar “imortalidade” ao concreto . Disponível em: <<http://https://www.cimentoitambe.com.br/bacteria-pode-dar-imortalidade-ao-concreto/>>2013. Acesso em 22 abril 2019.

SANTOS, Altair. Pesquisa ressalta presente e futuro do concreto, 2013. Disponível em <<https://www.cimentoitambe.com.br/pesquisa-ressalta-presente-e-futuro-do-concreto/>>, Acesso em: 29 de setembro de 2019.

SCHMIDT, S. Verba da Prefeitura destinada a investimentos em túneis viadutos e pontes está zerada, 2019. Disponível em <<https://oglobo.globo.com/rio/verba-da-prefeitura-destinadainvestimentos-em-tuneis-viadutos-pontes-esta-zerada-23676206>>, Acesso em: 21 de junho de 2019.

SILVA, A e JONOV, C. Manifestações patológicas nas edificações, 2018. Disponível em <http://www.demc.ufmg.br/adriano/Manifest_2018.pdf>, Acesso em: 30 de setembro de 2019.

VENDRAMI, J. Bioconcreto: o concreto que ganhou vida, 2016. Disponível em <<http://pet.ecv.ufsc.br/2016/10/bioconcreto-o-concreto-que-ganhou-vida/>>, Acesso em 12 de maio de 2019.