

## ANÁLISE DE SISTEMAS ANTISSÍSMICOS E A REALIDADE DE MONTES CLAROS - MG

CORDEIRO, Thomaz Athayde<sup>1</sup>; COSTA JÚNIOR, Antônio Carlos Moreira da<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Discente Engenharia Civil FIPMoc. <sup>2</sup>Docente das FIPMoc

### RESUMO

O homem sempre conviveu com fenômenos naturais como enchentes, ventanias, terremotos, dentre outros. Isso fez com que se aperfeiçoasse em técnicas para proteger suas construções. Nesse contexto, a engenharia antissísmica surge com a finalidade de reduzir os impactos causados por tremores, preservando as edificações, evitando gastos envolvendo patologias e colapsos, além de reduzir o número de fatalidades. Assim, o presente artigo foi construído após análise de uma série de documentos, livros, artigos, normas e entrevistas. São apresentadas noções de sismologia para compreender como as ondas sísmicas atingem as estruturas. São apresentados impactos, frequência e custos relacionados a terremotos. São analisados os variados tipos de sistemas antissísmicos, recomendações, análises e riscos no lançamento de estruturas e algumas patologias causadas por tremores. Por fim, é apresentada a realidade de Montes Claros – MG, que possui uma falha geológica de 1 a 2 km de profundidade, de 5 km de extensão, aproximadamente, e apresenta características de expansão, o que faz aumentarem os riscos relacionados às atividades sísmicas. Assim, fica constada a necessidade de maior atenção de engenheiros, construtores, arquitetos e governo, visto que não se pode prever onde, quando ocorrerão os abalos nem qual será sua magnitude.

**PALAVRAS-CHAVE:** Engenharia antissísmica. Terremotos. Montes Claros - MG.

### INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a sociedade convive com as forças da natureza-terremotos, ventos fortes, tsunamis, dentre outros. Com o passar do tempo, o homem vem-se especializando em estudar estruturas para resistir a esses eventos.

Com isso, uma das áreas de estudo é a engenharia antissísmica, que é uma área que busca criar tecnologias e métodos para construir estruturas cada vez mais resistentes a terremotos e se faz presente em diversos países, a exemplo do Japão, Estados Unidos, Nova Zelândia.

Existe somente uma norma em português relacionada a sismos e estruturas resistentes a terremotos (NBR 15.421 – Projeto de estruturas resistentes a sismos), o que faz esta pesquisa também ser fundamentada em materiais como a ISO 3010 e o Eurocode 8, que sugerem padrões internacionais. Alguns países possuem seus próprios modelos, como a Suíça (SIA 261), Alemanha (DIN 4149), França (PS 92).

Há, portanto, a necessidade de estudar geotecnia e princípios de sismologia, para compreender como as ondas sísmicas atingem a estrutura e quais seus impactos. Também foram

estudados autores que tratam da estrutura em si, patologias e sistemas para resistir aos abalos, além de cartilha/manual como sugestão para arquitetos, engenheiros e autoridades.

Por isso, é preciso descobrir se há a necessidade da implementação de sistemas anti-terremotos nas estruturas da região de Montes Claros - MG e quais são esses sistemas e tecnologias. Esta pesquisa pode ajudar a reduzir custos relacionados a patologias e acidentes ou até mesmo fatalidades causadas devido a abalos sísmicos. O custo para tecnologia antissísmica não é barato; na verdade, custam muito caro, mas não tão custoso quanto reconstruir estruturas totalmente abaladas pelo terremoto. O valor torna-se incalculavelmente mais barato quando se trata de salvar vidas.

## MÉTODO

Esta pesquisa é de natureza teórica dedutiva, pois pressupõe a razão com a única forma de chegar ao conhecimento verdadeiro, e utiliza o estudo de normas para aprofundar o tema. A forma de abordagem da pesquisa é qualitativa, pois caracteriza-se pela qualificação dos dados coletados durante o estudo e tem o objetivo exploratório e explicativo, visando analisar e estudar os sistemas antissísmicos.

Quanto aos instrumentos técnicos, foi utilizada entrevista com ex-coordenador da Defesa Civil de Montes Claros (2009 – 2016) e os responsáveis pelos estudos e acompanhamentos sismológicos e gráficos da região, somada a pesquisas bibliográficas e documentais para aprofundamento do tema, além de contato com o comitê elaborador da NBR 6.118:2014 (Projeto de Estruturas de Concreto) e análise de documentos das equipes de sismologia da USP e da UnB, que estiveram na cidade. Não foram encontrados tecnologias e métodos de engenharia antissísmica para desenvolver pesquisa de campo e estudo de caso sobre o tema, em Montes Claros – MG.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Francisco (2016), terremotos, também chamados de abalos sísmicos, são tremores que ocorrem temporariamente na superfície terrestre. Esse fenômeno natural pode-se desencadear por causas como atividade vulcânica, falhas geológicas e, principalmente, pelo encontro de diferentes placas tectônicas.

Conforme a teoria da Deriva Continental, a crosta terrestre é uma camada rochosa fragmentada, ou seja, é formada por vários blocos, chamados placas litosféricas ou placas tectônicas. Esses enormes blocos estão em constante movimento, podendo afastar-se (zona de divergência) ou aproximar-se (originando uma zona de convergência).

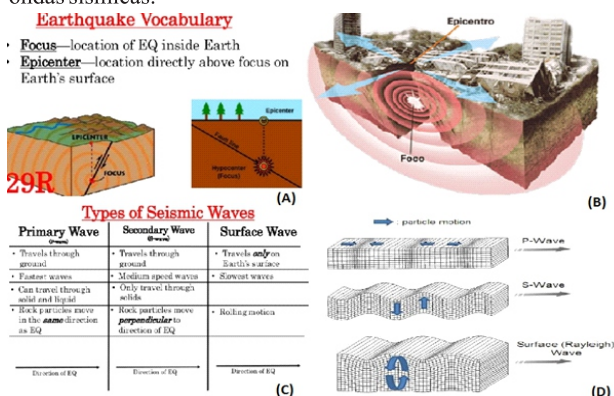
Ainda segundo Francisco (2016), nas zonas de convergência pode acontecer o encontro (colisão) entre diferentes placas tectônicas, ou a subducção (uma placa mais densa “mergulha” sob uma menos densa). Esses fatos geram acúmulo de pressão e descarga de energia, que se propaga em forma de ondas sísmicas, que é o terremoto. O local onde acontece o encontro entre as placas tectônicas é chamado de hipocentro (no interior da Terra), e o epicentro é o ponto da superfície acima do hipocentro. As consequências podem ser sentidas a quilômetros de distância, dependendo da proximidade da superfície em que ocorreu a colisão (hipocentro) e da magnitude do terremoto. A magnitude é a quantidade de energia liberada no foco do terremoto, sendo medida por meio de uma escala denominada Escala Richter. A intensidade é a consequência gerada pela ação do sismo, a destruição causada por esse fenômeno. A escala mais comum para se classificar a intensidade é a de Mercalli.

Francisco (2016) aponta que, entre os efeitos de um terremoto de grande magnitude em áreas povoadas, estão a destruição de ruas, estradas, pontes, prédios, hospitais, escolas, casas, além de

mortes. Os sismos nos oceanos provocam a formação de ondas gigantes (tsunâmis). Essas ondas podem atingir as áreas continentais, gerando grande destruição. Milhares de terremotos ocorrem diariamente no mundo. Porém, a maioria apresenta baixa intensidade e tem hipocentro muito profundo; sendo assim, os terremotos são pouco percebidos na superfície terrestre. O Japão, localizado em uma zona muito sísmica, é atingido por centenas de terremotos por dia. Os lugares mais atingidos por esses abalos são os territórios localizados em zonas de convergência de placas, em especial os países situados nos limites das placas tectônicas. Entre as nações que estão nessa situação, destacam-se o Japão, a Indonésia, a Índia, a Filipinas, a Papua, a Nova Guiné, a Turquia, os Estados Unidos da América, o Haiti, o Chile, entre outras.

De acordo com Shearer (2009), existem 3 tipos diferentes de ondas sísmicas. Uma onda primária, que percorre pelo solo através de sólidos e líquidos, com movimentação horizontal e apresenta alta velocidade. Uma onda secundária, de velocidade média, com movimentação na vertical e percorre o solo através de sólidos, somente. E, por fim, uma onda de superfície, de velocidade lenta, com movimentação rolante, como somatória dos outros dois tipos de onda. A Figura 1 apresenta os tipos de onda e ilustra o que é hipocentro (foco) e epicentro.

**Figura 1** – A) Esquema demonstrativo de foco e epicentro. B) Ilustração de foco e epicentro. C) Quadro de classificação dos três tipos de ondas sísmicas. D) Ilustração da movimentação das ondas sísmicas.



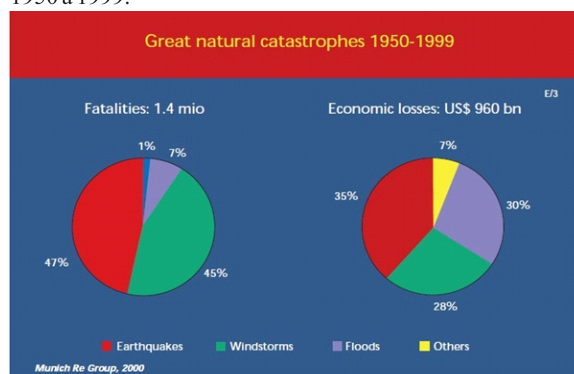
Fontes: A) Google. B) Brasil Escola. C) Google. D) Google.

De acordo com o Bachmann (2002), de 1950 até 1999, 234 catástrofes foram categorizadas como grandes catástrofes naturais, fazendo-se necessário a intervenção regional e/ou internacional. Dessas 234, 68 (29%) foram terremotos. O maior em termos de fatalidades foi o de 1976, em Tangshan, na China, com 290.000 mortes. Em termos de perda econômica, o maior foi o de Kobe, no Japão, em 1995, com US\$ 100 bilhões em gastos.

É comum pensar que o risco está concentrado em regiões de alta sismicidade, mas, em áreas de baixa e moderada sismicidade, os tremores podem ser de enorme risco, também, pois a intensidade pode ser baixa, mas a vulnerabilidade é muito alta, devido à falta de medidas preventivas nas construções e instruções do governo.

Portanto, verifica-se, no Gráfico 1, que, em termos de fatalidades e perda econômica, os terremotos apresentam o maior poder de devastação entre os fenômenos naturais, tempestades, enchentes e outros.

**Gráfico 1** – Gráficos de fatalidades e perdas econômicas de grandes catástrofes naturais registradas entre nos anos de 1950 a 1999.

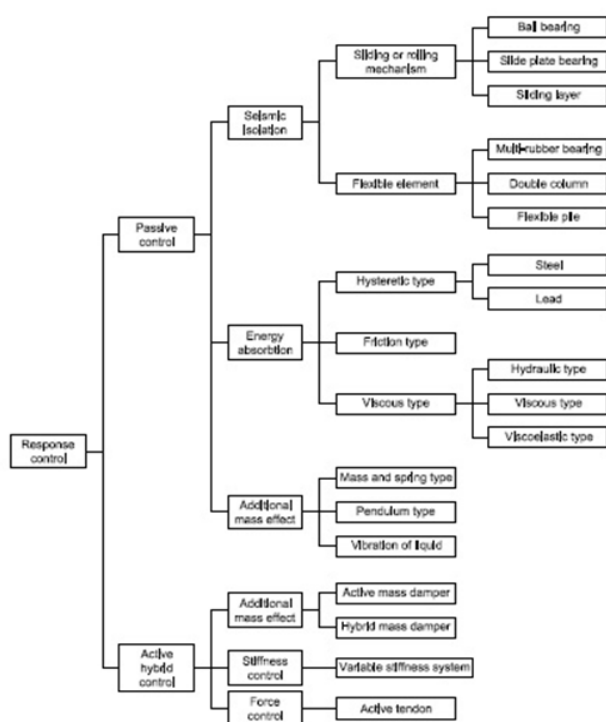


Fonte: BACHMAN (2002).

Segundo do a ISO 3010 (2001), diz que as estruturas absorvem as ondas sísmicas, o que gera vários tipos de danos na infraestruturas e superestrutura, sendo necessário o desenvolvimento de tecnologias, métodos e sistemas antissísmicos para reduzir os impactos. São os chamados sistemas de resposta, e podem ser

divididos em 2 grupos: ativo e passivo. o passivo não depende de acionamento externo para funcionar; e o ativo é acionado por meio de sensores e computadores, quando a estrutura é solicitada, devido ao terremoto. A Figura 2 demonstra uma forma de classificação desses sistemas. O sistema passivo divide-se em isolamento sísmico, absorção de energia e efeito de massa adicional. O ativo, ou híbrido, é dividido em efeito de massa adicional, controle de rigidez e controle de força. Cada sistema possui suas ramificações nas classificações.

Figura 2 – Classificação dos sistemas de controle de resposta.



Fonte: ISO 3010 (2001).

Conforme a ISO 3010 (2001), os sistemas de controle de resposta não são utilizados somente em novas construções, mas também para readequação das antigas, sendo usados nos mais variados tipos de construções, como prédios, pontes, silos e outros tipos de edificações. Primeiramente, deve haver um estudo para determinar os sistemas a serem empregados, variando o tipo de edificação, as características do solo, a idade da construção e outros fatores, como vento.

Alguns desses sistemas são responsáveis por isolar o solo da estrutura, o que ameniza os impactos do tremor, devido à absorção do impacto causado pelas ondas sísmicas. O isolamento sísmico serve para reduzir a resposta da estrutura mediante os dos isoladores de base e amortecedores, que normalmente são instalados entre a infraestrutura e a superestrutura. Já que o isolamento aumenta o período que a estrutura leva para sentir o abalo, e os amortecedores amortecem os impactos, a aceleração de resposta causada pelo terremoto é bem reduzida.

Dispositivos de absorção de energia e dispositivos de adição de massa também são usados para controlar a resposta. Dispositivos de absorção de energia aumentam o amortecimento mediante a da deformação plástica ou resistência viscosa dos dispositivos. A utilização de massas ou líquidos adicionais controlados são responsáveis pelo balanceamento da estrutura mediante da inércia durante a vibração e a movimentação da estrutura como um todo.

A Figura 3 ilustra exemplos de sistemas passivo e ativo:

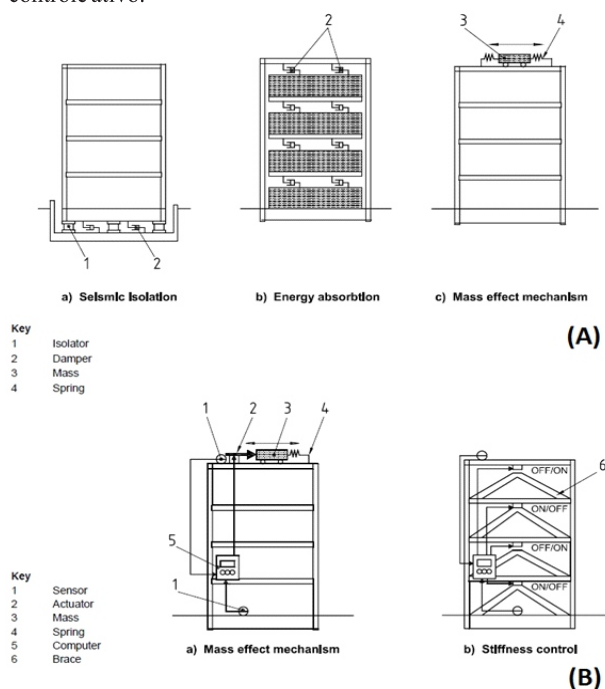
A imagem superior (A) esquematiza modelos de sistemas passivos, no caso, isolamento sísmico (a), absorção de energia (b) e mecanismo de efeito de massa ©, sendo:

- 1 = isolador
- 2 = amortecedor
- 3 = massa
- 4 = mola

A imagem inferior (B) esquematiza exemplos de sistemas ativos, como mecanismo de efeito de massa (a) e controle de rigidez (b), sendo :

- 1 = sensor
- 2 = atuador
- 3 = massa
- 4 = mola
- 5 = computador
- 6 = suporte (aço)

**Figura 3 – A)** Exemplo de controle passivo. **B)** Exemplo de controle ativo.



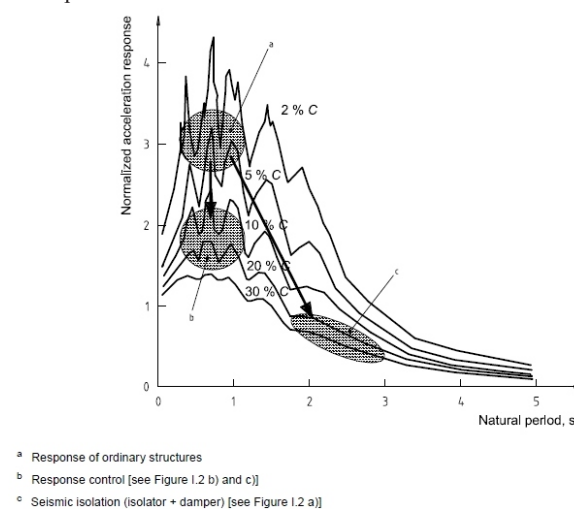
Fonte: ISO 3010 (2001).

Os dispositivos de controle de resposta reduzem os impactos na estrutura causados pela dissipação de energia dos terremotos e ventos. Esses sistemas propiciam segurança tornando uma edificação segura, habitável, confortável, evitando o colapso, patologias e fatalidades.

O Gráfico 2 demonstra o tempo de resposta de uma estrutura para sentir o tremor, e a intensidade sentida na edificação. Estruturas convencionais sentem o impacto intenso e rapidamente (a). Estruturas com sistema de controle de resposta sentem o impacto mais fraco e rapidamente (b), como, por exemplo, os mecanismos de efeito de massa e absorção de energia. Estruturas com o sistema de isolamento sentem o impacto de maneira mais amena e demoram sentir (c), por exemplo, o isolamento sísmico.

O Gráfico 2 explicita a funcionalidade dos sistemas. Em destaque, está o isolamento sísmico, que apresenta maior eficiência, não permitindo que a estrutura sinta totalmente o alto impacto das ondas sísmicas, devido à tecnologia de amortecedores e isoladores.

**Gráfico 2 –** Gráfico sobre os efeitos dos sistemas de controle de resposta nas estruturas.



Fonte: ISO 3010 (2001).

A Figura 4 apresenta alguns sistemas, explicitadas a seguir:

Em (A) o pêndulo (massa) é instalado em andares superiores de grandes prédios e funciona como contrapeso, um meio para compensar a oscilação provocada pelos ventos e, tremores, e quando ativado, move-se na direção contrária à de maior movimentação do edifício pêndulo

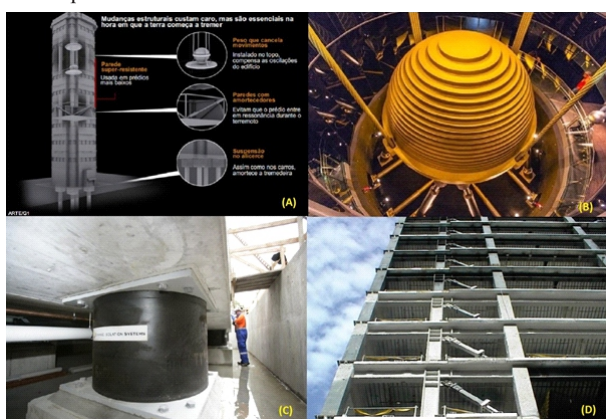
Em (B), tem-se o pendulo do edifício Taipei 101, de Taiwan, um dos maiores do mundo; O sistema pesa 660 toneladas e está instalado entre o 87° e o 92° andar.

Há Segundo Kam (2011), vários tipos de isolamento de base, sistemas de molas, borrachas, estruturas metálicas, sistemas deslizantes etc. Cada um possui suas características e propriedades. O sistema de isolamento de base, em (C), é composto de duas placas de metal que são ligadas na parte superior (superestrutura) e inferior (infraestrutura). Na parte externa, há uma camada de borracha para proteger o sistema de sua possível deterioração, e internamente existem camadas de borracha, normalmente, neoprene, que absorvem os impactos do solo. Ao centro, há uma estrutura cilíndrica que liga a parte superior à inferior, e está envolta pelas camadas de borracha; essa estrutura é responsável pela dissipação de energia. Com isso,

as estruturas que permitem o acesso à edificação, como escadas e rampas de entrada, precisam ter pequenas articulações; assim, elas não sofrem quando os amortecedores são solicitados.

Os sistemas de amortecedores internos podem ser instalados a vista ou embutidos em paredes, e têm o objetivo de tornar a estrutura mais articulada, o que ajuda a edificação a resistir aos impactos por meio da flexibilidade. Os equipamentos dissipam a energia do tremor e não permitem que a estrutura entre em ressonância com o terremoto, conforme demonstrado em 4.

**Figura 4** – A) Esquema de representação do posicionamento dos sistemas instalados. B) Pêndulo instalado no topo para amenizar as oscilações. C) Isolador de base instalado para amortecer a energia sísmica. D) Amortecedores instalados nas paredes para evitar que as estruturas entre em ressonância.



Fonte: Google.

A Figura 4 (A) também apresenta uma parede super-resistente feita de concreto armado, chamada de “shear wall”, traduzida como “parede de cisalhamento”. Essa parede segue de um arranque profundo na fundação até o topo da edificação, o que ajuda na sustentação e rigidez da estrutura durante o terremoto, porém não é utilizada em prédios muito altos, devido à inviabilidade técnica e financeira.

### Recomendações e riscos:

A seguir, serão citadas algumas recomendações, bem como riscos relacionados ao lançamento estrutural e, por fim, algumas patologias serão comentadas.

Dantas (2013) abordou recomendações sobre o lançamento estrutural; em edifícios durante solicitações sísmicas, a saber:

- Evitar:
  - Lançamento de sistema de travamento assimétrico;
  - Utilização de sistemas mistos de pilares com elementos de rigidez em alvenaria estrutural.
- Atentar para:
  - os riscos do sistema de travamento fora do plano principal, horizontal ou vertical.
  - a descontinuidade na rigidez ou resistência ao longo da estrutura.
  - a compatibilidade entre elementos não estruturais e o sistema sismorresistente.
  - o risco do lançamento de colunas curtas r preenchimento parcial de painéis de alvenaria.
- Considerar a indicação do lançamento de núcleos de rigidez em concreto armado bidirecionais.
  - Observar:
    - separação de edifícios adjacentes
    - desempenho inadequado de lajes
    - falta de fixação em elementos da fachada
    - simplicidade estrutural
    - uniformidade, simetria e redundância
    - rigidez e resistência
    - ação de diagrama ao nível dos pisos.

### Patologias

As patologias, segundo Dantas (2013), são manifestações, como doenças, na estrutura, devido a causas de má utilização, erros na execução e/ou planejamento da estrutura e também causadas por eventos naturais, como terremotos, o que pode gerar danos ou até colapso da edificação.

Estruturas de concreto sismorresistentes requerem um detalhamento especial na armação, para que se garanta uma resposta dúctil da estrutura quando submetida a solicitações sísmicas. Isto ocorre em função de o concreto apresentar um fraco desempenho quanto às deformações inelásticas.(DANTAS, 2013, p. 156)

Dantas (2013) classifica os danos gerados pelos carregamentos sísmicos e explica:

- a) Fissuras em cruz: A solicitação sísmica horizontal ocorre na parte superior e inferior do pavimento em direções iguais e sentidos opostos, o que gera uma resultante diagonal, explicitada no aparecimento das fissuras em 45° nos painéis de alvenaria.
- b) Pavimento flexível (ou *soft storey*): Essa patologia está relacionada a falta de continuidade geométrica dos pavimentos, o que gera trechos de forte variação de rigidez entre os pisos. Uma maneira de reduzir a possibilidade de ocorrência dessa patologia é evitar a descontinuidade no lançamento estrutural.
- c) Coluna curta (ou *short column*): Painéis de alvenaria ajudam na rigidez da estrutura do pórtico de concreto armado, porém, quando esse preenchimento é interrompido, formando espaços vazios (janelas, portas, ventilação etc), os pilares próximos ao espaço vazio podem sofrer maior concentração de esforços, o que se intensifica durante o terremoto. Essa concentração pode gerar danos ou até colapso desses elementos verticais. Essa patologia pode ser evitada mediante a utilização de materiais que separem os pilares da alvenaria, o que permite sua livre movimentação durante o terremoto.
- d) Choque entre edifícios adjacentes (martelamento ou *pounding*): Durante o sismo, a movimentação horizontal das edificações pode ser bem diferente, gerando probabilidade de colisão entre os prédios. Esse efeito pode ser mais grave se houver variação de altura, o que pode fazer com que a laje de uma edificação faça colisão com pilares de outra, causando danos, colapso e martelamento do prédio

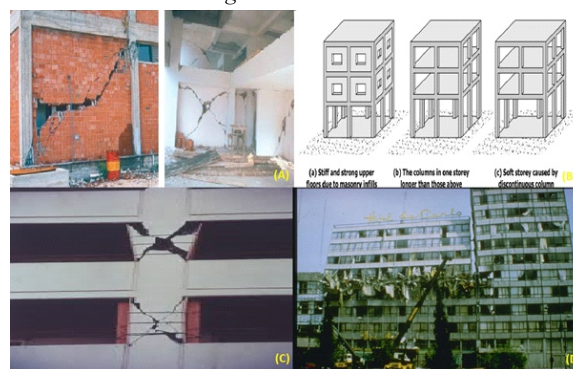
menor. Essa patologia pode ser evitada mantendo uma distância entre edificações vizinhas.

e) Liquefação do solo: Quando a água transita entre as partículas do solo, provocando o arranjo dele, passando do estado rígido para o plástico e, posteriormente, liquefeito, sem coesão. Esse fenômeno pode acontecer quando o solo é carregado repentinamente. O efeito intensifica as solicitações sísmicas, causando sérios danos, mesmo quando a intensidade do tremor não é tão forte. Essa patologia pode ser evitada mediante uma drenagem e compactação bem feitas, além da realização da sondagem e ensaios de solos, como o de liquidez.

f) Deslizamento do solo: Estando um grande volume de solo sob uma superfície inclinada, pode ocorrer o escorregamento dessa massa, o que gera o deslizamento, principalmente em encostas e taludes.

A Figura 5 apresenta as patologias de fissura em cruz, pavimento flexível, coluna curta e martelamento.

**Figura 5** – A) Fissura em cruz. B) Pavimento flexível/*soft storey*. C) Coluna curta/*short column*. D) Martelamento/*Pounding*.



**Fonte:** A) DANTAS (2013). B) Google. C): Google. D) Google.

Essas são algumas das patologias causadas por terremotos. Cada situação é única e pode ocorrer devido a uma somatória de causas. O estudo dessas patologias demanda uma análise de um especialista.

### Realidade de Montes Claros

A cidade de Montes Claros, norte de Minas Gerais, registrou atividades sísmicas nos últimos anos e, com isso, recorreu a estudos e parcerias, para melhor esclarecimento do assunto.

A prefeitura trouxe cientistas especializados da USP e UnB para estudar o caso; para isso, foram instalados sismógrafos em pontos estratégicos na cidade.

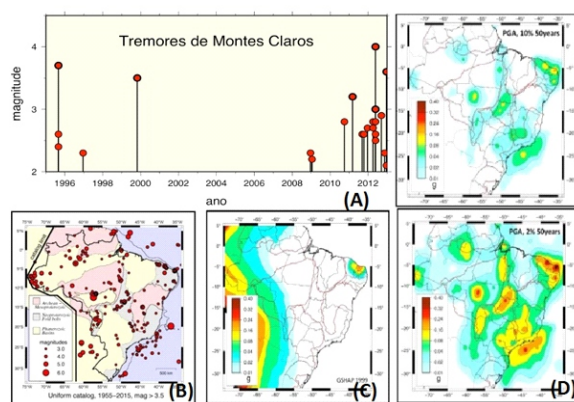
Foi feita entrevista com os responsáveis pelos estudos sismológicos e pelo acompanhamento sismográfico de Montes Claros – MG, tendo-se discutido sobre o relatório, de março de 2013, gerado pelo Centro de Sismologia da USP (IAG-IEE) e SIS-UnB - Observatório Sismológico da UnB, que diz que uma atividade sísmica vem ocorrendo na cidade, pelo menos, desde 1995, tendo sido o mais forte o que ocorreu em 19/05/2012, atingindo 4.2 graus de magnitude na escala Richter, causando pequenos danos em casas e prédios, e assustando a população de Montes Claros. Foram instaladas 9 estações sismográficas, havendo sido constatado que os tremores mais fortes acontecem na região do bairro Atlântida, e que os tremores são causados por uma falha inversa, com cerca de 5 km, cuja movimentação é causada por tensões geológicas naturais do tipo compressão.

A Figura 6 retrata, em (A), a frequência e intensidade dos tremores em Montes Claros. A imagem (B) mostra os sismos e suas magnitudes no Brasil, relacionando com as províncias geológicas. A imagem (C) é o mapa usado pela NBR 15.421 – Projeto de estruturas resistentes a sismos (2016), que é utilizado para o cálculo de estruturas, identificando apenas poucas regiões com ameaças sísmicas; as cores mais fortes representam maior aceleração

sísmica. Esse mapa, utilizado pela norma, foi produzido pelo projeto GSHAP (Global Seismic Hazard Assessment Project; Shedlock & Tanner, 1999). A imagem (D) são mapas de ameaça sísmica, para aceleração de pico (Peak Ground Acceleration) em rocha, para probabilidades de 10%, no gráfico superior, e 2%, no gráfico inferior, de excedência em 50 anos. Durante a entrevista, foi discutido que esses mapas foram criados por cientistas sismólogos e afirmam representar melhor a realidade sísmica no Brasil do que o atual gráfico utilizado na NBR 15.421 de 2006, que aproveita um estudo de 1999.

Segundo os entrevistados, há uma discussão no meio da sismologia brasileira sobre propor o novo mapa de ameaça sísmica para a NBR 15.421.

**Figura 6** – **A)** Gráfico sobre a frequência e magnitude dos tremores em Montes Claros – MG.. **B)** Mapa de sismos e magnitudes no Brasil conforme províncias geológicas. **C)** Mapa de ameaça sísmica utilizado pela NBR 15.421. **D)** Mapas de ameaças sísmicas criados por sismólogos em 2016.



**Fonte:** **A)** Laudo USP e UnB (2013). **B)** Boletim SBGf, nº 96. **C)** NBR 15.421/2006. **D)** Boletim SBGf, nº 96.

Segundo o mesmo relatório, os tremores têm origem a profundidades de 1 e 2 km, aproximadamente, ou seja, em rochas cristalinas da parte superior da crosta, abaixo da camada de calcário.

Os pesquisadores entrevistados também notaram que a falha está em expansão, no sentido da zona rural de Montes Claros, o que não é um alívio para o meio urbano, visto que, na verdade, aumenta os riscos relacionados aos terremotos,



pois pode intensificar a magnitude e o raio de abrangência. Isso demanda muita atenção, visto que as tensões são geradas somente até 2 km de profundidade, fazendo de qualquer variação mais forte um perigo para a cidade.

Ainda segundo o estudo, tremores de magnitude 4 ocorrem duas vezes por ano no Brasil, portanto o fenômeno em Montes Claros não é incomum. Não há provas que liguem as atividades das pedreiras na região com os tremores. Não é possível prever se a atividade sísmica continuará diminuindo ou se acontecerá novo surto com algum abalo de magnitude 4 ou maior. Porém, mesmo com a baixa probabilidade, é recomendado que se reforcem as estruturas próximas à zona epicentral, segundo o relatório de 2013.

A entrevista com o antigo líder da Defesa Civil de Montes Claros (2006 – 2009) esclareceu que o órgão realizou algumas palestras sobre o tema, além da distribuição de cartilhas relacionadas, e parcerias com instituições de ensino para propagar o assunto e orientar aqueles que detêm menos orientação. Exercendo papel fundamental na sociedade diante de situações como tremores aponta falhas decorrentes do despreparo e falta de informação das autoridades políticas sobre o tema. O entrevistado deixou clara a necessidade de maior atenção ao tema, e não só uma preocupação temporária após um tremor.

## CONCLUSÃO

O presente estudo contextualizou os impactos causados por terremotos, analisou sistemas antissísmicos, recomendações e riscos para o lançamento de estruturas sismorresistentes e algumas patologias relacionadas às solicitações sísmicas.

Mediante o estudo de artigos, normas e entrevistas, ficou evidente a necessidade de maior atenção às atividades sísmicas ocorridas na região de Montes Claros - MG, visto que não se pode prever quando irão ocorrer, nem a intensidade, local ou duração dos tremores. O que pode causar de pequenos

danos até estruturas comprometidas, colapso ou fatalidades envolvidas, por negligência.

Este artigo não só demonstra sistemas antissísmicos modernos empregados em edificações de alta tecnologia ao redor do mundo, mas também apresenta e sugere técnicas, recomendações e atenção aos riscos e patologias para o lançamento da estrutura e execução, o que pode ser facilmente adotado pelos profissionais da região, sem grandes custos adicionais. A alta vulnerabilidade nas edificações pode causar grandes perdas e danos.

Para estudos futuros, é sugerido que se aproxime cada vez mais de técnicas anti-sísmicas que podem ser facilmente empregadas em Montes Claros – MG.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15421: Projeto de estruturas resistentes a sismos - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BACHMANN, Hugo. **Seismic Conceptual Design of Buildings – Basic principles for engineers, architects, building owners, and authorities**. Biel, 2002, 81p.

BOLETIM SBGF. **Publicação da Sociedade Brasileira de Geofísica, nº 96**. Brasil, 2016, 32p.

DANTAS, R. O. O. **Subsídios para o projeto de estruturas sismo resistentes**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2013, 200p.

EUROCODE 8. **Seismic Design of Buildings**, Lisbon, 10-11 Feb. 2011

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira E. **"Terremotos"**; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/terremotos.htm>>.

ISO 3010. **Basis for design of structures – Seismic actions on structures**. 1. ed. Ethiopian Standart, 2001.

KAM, W. Y.; PAMPANIN, S.; ELWOOD, K. **Seismic performance of reinforced concrete buildings in the 22 february chirstchurch (Lyttelton) earthquake**. Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, v.44, n.4, December, 2011

SHEARER, Peter M. **Introduction To Seismology**. 6. ed. University of California, San Diego, 2009.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP); UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB). **Estudos dos Tremores de Terra, Montes Claros, MG, de 2012**. Março, 2013.

## CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

SOUZA, Danilo Moura de; SILVA, Jéssica Nunes da; CARVALHO, Maria Camila Amorim; SILVA, Mateus Augusto; GOULART JUNIOR, Schubert Santos; VIANA, Vinícius de Oliveira Guimarães  
Graduados em Engenharia Civil pelas Faculdades Integradas Pitágoras (FIPMoc)

### RESUMO

O intensivo crescimento urbano gera impactos negativos no meio ambiente, surgindo, daí, a necessidade de minimizá-los. Assim, especialistas vêm estudando opções para a conservação do desenvolvimento sustentável, como, por exemplo, a reutilização dos resíduos gerados no setor da construção civil, mantendo a coexistência entre esse setor e a sustentabilidade. Partindo desse pressuposto, é realizado este estudo com o objetivo de caracterizar fisicamente alguns desses resíduos (o tijolo cerâmico, a areia, o ferro, entre outros) por meio da análise: da granulometria da areia; do coeficiente de dilatação do aço, latão e cobre; da resistência e compressão dos blocos de alvenaria com função estrutural; do tijolo cerâmico e blocos de concreto; e da determinação da massa específica da areia com precisão de 0,1g. Utilizou-se, para isso, o Laboratório de Física e o Laboratório de Resistência dos Materiais, das Faculdades Integradas Pitágoras de Montes Claros – MG. Obtêm-se como resultado, diversos dos parâmetros físicos mais necessitados para a compreensão das características de cada material. Os resultados, propiciam grande conhecimento a respeito dos resíduos para a reutilização desses materiais. Chega-se à conclusão de que a reciclagem dos resíduos é possível e possui uma gradativa colaboração para o desenvolvimento sustentável, ou seja, para o desenvolvimento que não impeça que as gerações atuais satisfaçam suas necessidades, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos sólidos. Construção civil. Sustentabilidade.

### INTRODUÇÃO

O modelo atual da Construção Civil gera em grande quantidade, resíduos sólidos que afetam o meio ambiente, podendo-se observar agressão, em grande escala de solos e rios, ao redor de todo o mundo. Durante a ECO-92 e a definição da Agenda 21, deu-se destaque à necessidade urgente de se implantar um adequado sistema de gestão ambiental para os resíduos sólidos (GÜNTHER, 2000). Nesse contexto, a gestão pode minimizar as graves consequências dos impactos ambientais gerados pela construção civil, já que ela consome grande parte dos recursos naturais.

Para Ângulo (2000), a construção civil deveria adequar-se aos preceitos do desenvolvimento sustentável e, assim, buscar mudanças na exploração dos recursos naturais, na direção dos investimentos, na orientação do desenvolvimento tecnológico e nas mudanças institucionais, visando à harmonia e ao entrelaçamento nas aspirações e necessidades humanas presentes e futuras. Portanto, o

Engenheiro Civil terá a função de orientar, fiscalizar e aplicar a gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável.

É fundamental um estudo das características físicas e das propriedades dos resíduos, por intermédio de ensaios e métodos apropriados, como subsídio para a seleção de suas possíveis aplicações. A mais frequente reutilização dos resíduos na construção civil é na agregados, que é este o foco deste estudo.

De acordo com Cabral e Moreira (2011), “[...] a NBR 10.004 (ABNT, 2004a) define resíduos sólidos como resíduos nos estados sólido e semiárido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição [...]”

Pode-se dizer que, no que tange à sustentabilidade, a construção civil no Brasil ainda se apresenta de forma arcaica. Segundo John (sem data), os resíduos gerados durante a produção e/ou ao final de sua vida útil, são meramente depositados em aterros, caracterizando um modelo linear de produção. A grande quantidade de resíduos da indústria da construção civil é proveniente da perda dos materiais de construção nos canteiros de obras, resultante dos materiais desperdiçados durante o processo de execução de um serviço. Diversas outras são as fontes geradoras de resíduos sólidos, como, por exemplo, as demolições e as reformas, que promovem a eliminação de diversos componentes durante a utilização ou após o término do serviço.

Existem algumas opções para reciclagem desses resíduos, em um estudo anterior, (2000) apud Budke; Cardoso; Vale (2011) observaram que:

a) O entulho na forma miúda apresentou ótima distribuição granulométrica para ser utilizado como adição em argamassas em bases e sub-bases de pavimentos. Além disso, esse material apresentou percentual de argila adequado para a fabricação de tijolos para solo estabilizado com cimento.

O reaproveitamento dos resíduos sólidos da construção civil traria também economia financeira.

De acordo com Budke; Cardoso; Vale (2011), “A quantidade de entulho gerado nas construções que são realizadas nas cidades brasileiras demonstra um enorme desperdício de material. Os custos desse desperdício são distribuídos por toda a sociedade, não só pelo aumento do custo final das construções como também pelos custos de remoção e tratamento do entulho. Os entulhos provenientes das construções nas cidades brasileiras acarretam sérios desperdícios de materiais, custos de remoção e tratamento.”

O objetivo desta pesquisa é caracterizar os materiais provenientes da construção civil, de acordo com suas propriedades físicas.

## **MÉTODO**

O presente estudo pode ser configurado como pesquisa em laboratório, a partir da realização de uma visita para o recolhimento de materiais como areia, tijolo, entre outros, para análises de suas características físicas, em uma obra localizada na cidade de Montes Claros - MG. Posteriormente, foram realizados experimentos com o objetivo de identificar o coeficiente de dilatação, a massa específica, a granulometria e a capacidade de resistência e compressão de materiais utilizados na construção civil. Essas análises foram efetuadas no Laboratório de Física e no Laboratório de Resistência dos Materiais das Faculdades Integradas Pitágoras – FIPMoc. Com o levantamento de dados, formulação de relatórios e fotos dos experimentos que foram realizados, efetuou-se a tabulação, o que auxiliou em uma melhor compreensão do assunto estudado.

Trata-se de um estudo de natureza dedutiva, por ser um método lógico que pressupõe verdades já afirmadas, que servem de base para se chegar à conclusão apresentada. Para tanto, faz-se uma abordagem quali-quantitativa. Quanto aos procedimentos técnicos, as referências teóricas deste estudo fundamentaram-se em pesquisas

bibliográficas e documentais (vide referências bibliográficas), e por meio de informações analisadas a partir de normas brasileiras desenvolvidas pelo corpo técnico da ABNT.

Alves (2011) traz, em sua escrita, que a pesquisa qualitativa é aquela capaz de incorporar a questão do significado e intencionalidade, procurando resolver questões de “como” e “por quê”. Uma vez que o presente estudo visa conferir uma função aos resíduos sólidos da construção civil, a abordagem qualitativa expressa-se de maneira irrefutável. a pesquisa quantitativa é a apresentação de dados relevantes por intermédio de tabelas e gráficos, abordando questões de “quanto”, “qual” e “onde”.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise da granulometria

Essa análise granulométrica foi realizada no Laboratório de Física das Faculdades Integradas Pitágoras, no dia 21-03-2013, às 14h. Nessa análise granulométrica, utilizou-se um agitador por vibração, um conjunto de peneiras, uma estufa, uma balança com precisão de duas casas decimais e uma pá de ferro, além das amostras de brita e areia.

No primeiro ensaio, houve as pesagens separadas das peneiras e da panela do fundo, ambas vazias. Após a pesagem, foram empilhadas umas sobre as outras, em ordem crescente da abertura das malhas, colocando cerca de 1000,01g de areia para o peneiramento em um agitador por vibração, por 3 minutos. Depois, foi pesada a massa da amostra retida em cada peneira e na panela do fundo.

No segundo ensaio, o mesmo procedimento do primeiro foi usado, mudando somente a quantidade de areia para 1000,02g. No final do ensaio, foi pesada a massa da amostra retida em cada peneira e na panela do fundo, podendo, assim, somar as massas para obter a massa total da amostra, e calcular as frações mássicas ou porcentagens retidas nas peneiras.

Porém se a diferença da massa inicial ultrapassasse 0,3% da massa inicial, o ensaio teria que ser feito novamente.

A figura 1 representa as peneiras disponíveis no laboratório, utilizadas no primeiro e segundo ensaio de análise granulométrica das amostras de brita e areia.

Figura 1 - Peneiras e suas subdivisões.



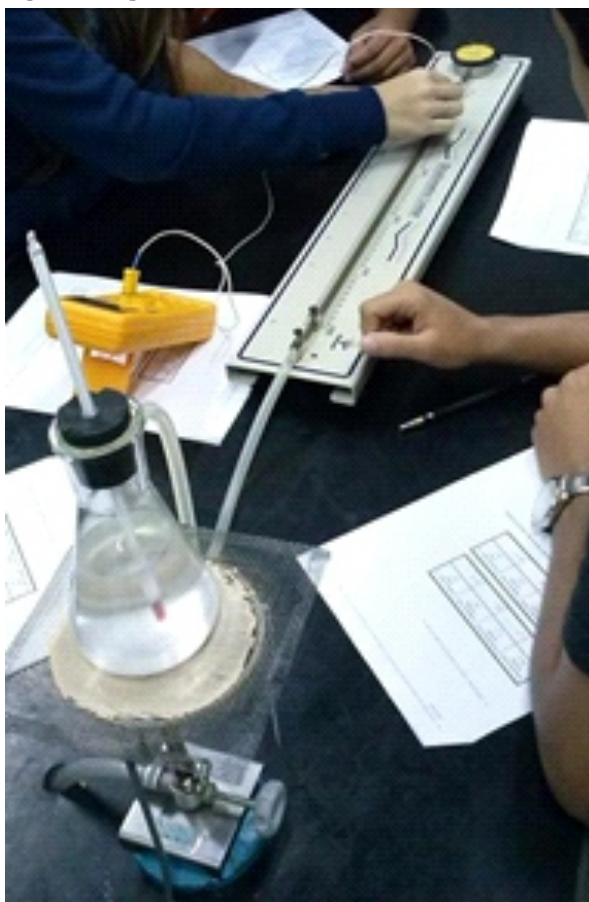
Fonte: Acervo pessoal.

### Coefficiente de dilatação

Foi realizada uma experiência para determinar o coeficiente de dilatação linear de um metal. Os corpos de prova metálicos de materiais inicialmente desconhecidos tiveram suas temperaturas e comprimentos iniciais medidos com o termopar e dilatômetro, respectivamente. Cada um deles foi ligado a um balão volumétrico com água, posteriormente aquecida até entrar em ebulição. O vapor de água quente entrou em contato com o corpo de prova, provocando alteração em seu comprimento e em sua temperatura. A variação do comprimento foi medida com um relógio comparador acoplado ao dilatômetro, e a temperatura final foi medida com a ajuda do termopar novamente. Os dados obtidos foram aplicados na fórmula  $\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$  (em que

$\Delta L$  é a variação do comprimento do corpo de prova,  $\alpha$  é o coeficiente de dilatação linear a ser descoberto,  $L_0$  é o comprimento inicial do corpo de prova e  $\Delta T$  é a variação da temperatura do corpo de prova). Então, foi possível determinar os materiais utilizados como corpo de prova com o coeficiente de dilatação linear obtido por meio da fórmula descrita.

**Figura 2** - Experimento do coeficiente de dilatação.



Fonte: Acervo pessoal.

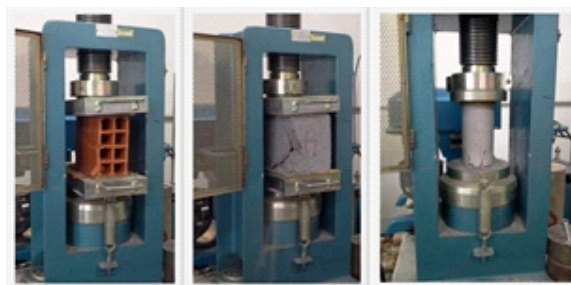
### Resistência e compressão

O método visou encontrar a resistência e a compressão nos blocos para alvenaria com função estrutural, do tijolo cerâmico e blocos feitos de concreto. A primeira etapa é a realização do capeamento, em que o enxofre é derretido a seu estado líquido, sendo levado a uma forma onde os corpos a serem estudados aguardam cerca de um minuto até que o enxofre retorne ao estado sólido;

assim, suas superfícies ficam revestidas, deixando-as completamente planas, com o intuito de que não haja falha na nivelagem, fazendo que o resultado não apresente falhas. Cada material é fixado entre as prensas da Máquina de Compressão Axial, na qual será ajustado, e, logo após é feito enorme pressão sob o objeto nela colocado. Essa máquina trabalha sob o auxílio do profissional responsável, que define a velocidade do aumento da pressão exercida. Assim que o material se rompe, ela deixa de pressionar, informando qual foi sua resistência. Foram utilizados sete corpos de prova de cada material, todos com diferença em tempo de cura que varia de 7 a 28 dias.

Na figura 3, podem-se observar fissuras e compreender a maneira como os materiais são dispostos na máquina de compressão axial.

**Figura 3** - Teste de resistência e compressão pela Máquina de Compressão Axial.



Fonte: Acervo pessoal

### Determinação da massa específica

Para a determinação da massa específica do agregado miúdo (areia lavada), será realizada análise em laboratório, pelo método do frasco de Chapman. Para esse experimento, serão necessários dois frascos de Chapman, 400 ml de água, 1 kg de areia lavada (sem umidade) e conhecimento da fórmula:  $h = [500 - (L - 200) \text{ g}] / \text{g}$  (L-700). Será colocado, em cada frasco 200 ml de água, 500 g de areia lavada, deixando este sistema em descanso por 10 minutos, para que haja a eliminação dos gases que poderiam alterar o volume. A areia foi pesada com precisão de 0,01g e

com a porcentagem de umidade igual a zero, e inserida no frasco de Chapman com funil. Na medição da água, utilizaram-se frascos com marcação e pipeta. Então, fez-se a análise da massa específica das duas amostras separadamente, como se pode observar na figura 4. O resultado é a média entre os resultados individuais.

Figura 4 - Frasco de Chapman.



Fonte: Acervo pessoal.

Os experimentos foram realizados nos Laboratórios de Física e de Resistência dos Materiais das Faculdades Integradas Pitágoras de Montes Claros, com o objetivo de definir a análise granulométrica, o coeficiente de dilatação, a resistência, compressão e a massa específica de determinados materiais, conforme segue abaixo:

### Análise da granulometria

Com os resultados das duas amostras de areias, foi realizada a média da porcentagem retida e da

porcentagem retida acumulada.

As Tabelas 1 e 2 demonstram a análise granulométrica da primeira amostra de areia com os pesos de 1000,01g e 1000,02g, respectivamente, identificando o número da peneira, a malha, o peso de ambas cheias e vazias e a porcentagem dos materiais retidos em cada uma na panela de fundo. Com o resultado, é possível classificar a areia como fina (zona 2).

Tabela 1- Resultados da Análise Granulométrica 1, com peso de 1000,01g.

N° da Peneira	Malha	Peso Vazio	Peso Cheio	PC-PV	%
4	4,76 mm	441,52	446,62	5,1	0,5
8	2,36 mm	399,58	407,92	8,34	0,83
10	2,00 mm	407,6	411,85	4,59	0,45
16	1,8 mm	351,84	380,5	28,66	2,86
30	600 µm	329,5	672,14	342,64	34,26
40	425 µm	325,41	492,8	167,39	16,73
50	300 µm	310,64	596,08	285,44	28,54
100	150 µm	297,22	419,42	122,2	12,21
200	75 µm	288,96	320,47	31,51	3,15
	Fundo	367,61	371,84	4,23	0,42

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2- Resultados da Análise Granulométrica 2 com peso de 1000,02g.

N° da Peneira	Malha	Peso Vazio	Peso Cheio	PC-PV	%
4	4,76mm	441,52	445,1	3,57	0,35
8	2,36mm	399,58	406,01	6,43	0,64
10	2,00mm	407,32	410,06	2,74	0,27
16	1,8mm	351,9	371,18	19,28	1,92
30	600µm	329,48	576,04	246,56	24,65
40	425µm	325,39	530,54	205,25	20,51
50	300µm	310,64	645,02	334,38	33,43
100	150µm	297,22	436,95	139,73	13,97
200	75µm	288,94	325,39	36,45	3,64
	Fundo	367,63	373,84	5,37	0,53

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com os resultados obtidos nas duas análises, foi feita a média da porcentagem dos materiais retidos e a média acumulada dos materiais retidos nas peneiras, conforme segue abaixo, na tabela 3:

Tabela 3- Média e a média acumulada da porcentagem dos materiais retidos nas peneiras.

Média %	% Retida Acumulada
0,42	0,42
0,73	1,15
0,36	1,51
2,39	3,09
29,45	33,35
18,62	51,97
30,98	82,95
13,09	96,04
3,39	99,43

Fonte: Elaborado pelos autores.

## Coeficiente de dilatação

A Tabela 4 apresenta os resultados dos coeficientes de dilatação do Latão, Aço e Cobre, bem como a variação do comprimento dos corpos de prova.

**Tabela 4-** Resultados dos Coeficientes de Dilatação.

Material	Comprimento inicial (L <sub>0</sub> )	Temperatura inicial (T <sub>i</sub> )	Temperatura final (T <sub>f</sub> )	Varição do comprimento (?L)	Coeficiente linear do material (á)
Latão	500 mm	22°C	93°C	0,65 mm	$18,3 \times 10^{-6}$
Aço	500 mm	23°C	93°C	0,41 mm	$11,5 \times 10^{-6}$
Cobre	500 mm	24°C	95°C	0,58 mm	$16,3 \times 10^{-6}$

Fonte: Elaborado pelos autores.

O experimento realizado para a determinação do coeficiente de dilatação linear do aço, do cobre e do latão conduz à justificativa da existência das juntas de dilatação - uma separação entre duas partes de uma estrutura, permitindo que ambos os elementos possam movimentar-se (retração e contração), sem que haja transmissão de esforço entre eles - nas construções. Devido às variações de temperatura que uma obra sofre ao longo do tempo, é necessária a existência das juntas de dilatação, para que não ocorra uma deformação dos materiais (como, por exemplo, entortamento das vigas de aço) utilizados no processo da construção, causando um comprometimento na estrutura, que no futuro, poderia levar ao desabamento da construção.

## Resistência e Compressão

Como resultado, somaram-se resistências, dividindo-se pelo número de materiais prensados. Segundo a norma NBR 15270/3 2005, é definido que o tijolo cerâmico deva atingir, no mínimo, 1,5 MPA, para garantir resistência necessária. Caso o tijolo ultrapasse a marca de 4 MPA, é classificado como classe A, ou seja, de alta qualidade. O tijolo utilizado no teste chegou a resistir a um total de 7.12 MPA; o corpo de prova cilíndrico, atingiu a média de 19,98 MPA; e o bloco de concreto retangular, um total de

9,89, sendo que todos obtiveram um tempo médio de rompimento de 24 segundos, calculado pelo *software*, chegando-se à conclusão de que ambos estão dentro do exigido.

## Determinação da massa específica

Com a mistura pronta e descansada, obtivemos na leitura uma diferença de 1ml. No primeiro frasco, a massa específica foi  $\rho_1=0,376$ ; no segundo frasco,  $\rho_2=0,374$ . Viu-se, então, o resultado final da massa específica do agregado miúdo (areia lavada), que foi de  $\rho=0,375$ .

## CONCLUSÃO

O entulho apresenta-se na forma sólida, com características físicas variáveis, que dependem de seu processo gerador, podendo apresentar-se tanto em dimensões e geometrias já conhecidas dos materiais de construção (como a da areia e a da brita), como em formatos e dimensões irregulares: pedaços de madeira, argamassas, concretos, plástico, metais etc. Esta pesquisa teve como objetivo configurar os materiais provenientes da construção civil de acordo com suas características físicas. A metodologia desenvolvida neste trabalho tem-se revelado eficiente em detalhar as características relevantes dos agregados oriundos da construção civil. Na granulometria da areia e na obtenção de sua massa específica, os resultados e verificações das propriedades ensaiadas obtiveram informações suficientes para avaliar a possível aplicação e sua classificação, sendo possível utilizar areia reciclada em argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.

Os resultados do coeficiente de dilatação dos sólidos utilizados foram realmente muito pequenos, quando comparados às dimensões iniciais, e, dadas as dimensões finais, determinou-



se quais eram os materiais utilizados como corpo de prova, que foram o latão, cobre e o aço, informação necessária para se utilizarem corretamente esses materiais, evitando futuramente problemas em estruturas, como trincas e rachaduras.

A resistência e a compressão dos materiais avaliados nesta pesquisa tiveram o intuito de garantir que os materiais utilizados em obras tenham a resistência necessária e uma alta qualidade, para que, estando dentro do padrão exigido, consigam suportar a carga necessária para cada função a que sejam destinados, como a estrutural, ou apenas a de vedação.

Constatou-se, por meio desta pesquisa, que a caracterização dos resíduos sólidos amostrados revelou resultados relevantes sobre a composição e qualidades dos agregados recolhidos, tendo em vista a necessidade de se conhecerem melhor os materiais utilizados na construção civil, para se obterem melhorias em obras e diminuição de custos.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Milton Ruiz. **Metodologia científica**. Rio de Janeiro, RJ: Cultura Médica, 2011.

ANGULO, S.C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. São Paulo, 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

BUDKE, R.; CARDOSO, J. R.; VALE, S. B.; Resíduos de Construção Civil: Classificação, normas e reciclagem. ENTMME. 24. **Anais...** Salvador/BA, fl. 17, p. 1-5, 2011.

CABRAL, Antônio Eduardo B; MOREIRA, Kelya Maria de Vasconcelos. Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil. **Sinduscon- CE**. Expressão Gráfica, Fortaleza, agosto de 2011, p.43.

GUNTHER, W.M.R. Minimização de resíduos e educação ambiental. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA, 7. Curitiba, 2000. **Anais...** Curitiba, 2000.

JOHN, Vanderley M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção**. Sem data.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos – Classificação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270/3**. Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria. 2005

**RESÍDUOS da Construção Civil e Reciclagem**. Disponível em: <[http://www.cepam.sp.gov.br/arquivos/encontros\\_tematicos/coleta\\_seletiva/coleta\\_s\\_eletiva\\_reciclagem\\_residencial.pdf](http://www.cepam.sp.gov.br/arquivos/encontros_tematicos/coleta_seletiva/coleta_s_eletiva_reciclagem_residencial.pdf)> Acesso em: 28 mar. 2013.

TELLES, David. **Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil**. Jul, 2011. Disponível em: < <http://www.fbb.org.br/bndes-fbb/usina-de-reciclagem-de-residuos-da-construcao-civil.htm> > Acesso em: 28 mar. 2013.

## ANÁLISE DA CALCITE, COMPONENTE DO BIOCONCRETO PARA AUTOCURA DE TRINCAS

JUNQUEIRA, Sheilla Maria<sup>1</sup>; SOARES, Thaís Aparecida<sup>1</sup>;  
MOREIRA, Antônio Carlos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduadas em Engenharia Civil pela FIPMoc. <sup>2</sup>Professor mestre e orientador desta pesquisa

### RESUMO

O concreto, apesar de ser o material mais utilizado nas construções há vários séculos, ainda apresenta falhas que incomodam a humanidade. Mesmo quando é reforçado por outros compostos, mais cedo ou mais tarde ele acaba fissurando, causando desconforto aos proprietários e, em alguns casos comprometendo a estrutura das construções. Com base nisso pesquisadores criaram o bioconcreto, material com capacidade de autorregeneração, que se deve à presença de bactérias produtoras de calcite (carbonato de cálcio), material capaz de preencher as fissuras. Dessa forma, esta pesquisa tem como objetivo um estudo sobre análise da calcite como propriedade do bioconcreto, para autocicatrização de trincas em obras da construção civil. Para atingir os objetivos propostos, a metodologia utilizada foi fundamentada em pesquisa bibliográfica, levantamento de dados já existentes e publicados. E, por fim, foram desenvolvidos ensaios laboratoriais envolvendo comparação entre o concreto convencional e o concreto com acréscimo de calcite. Assim, a partir dos testes realizados, foi possível identificar a atuação da calcite no preenchimento das trincas existentes em estruturas de concreto, confirmando a hipótese inicial de autocicatrização. Conclui-se que, mesmo que tenha sido comprovada essa hipótese, é necessária a realização de novos testes envolvendo quantidades de calcite inferiores a 20% do cimento utilizado no traço, para melhor avaliação de suas propriedades em relação à resistência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bioconcreto. Calcite. Fissuras.

### INTRODUÇÃO

Na Engenharia Civil, um dos aspectos mais atrativos é a necessidade de se estar sempre atualizado, procurando aprender com as novidades e com as novas tendências da construção (BIOCONCRETO, 2017). Um exemplo disso é o bioconcreto, também conhecido por concreto vivo, que é um dos conceitos que merece nossa atenção. O nome vistoso deriva do seu método de confecção, que consiste em adicionar uma espécie de bactéria e também seu alimento no fabrico do concreto convencional (KRETZER, 2016). Esse novo tipo de concreto possui, em sua composição, bactérias que produzem calcite; são essas bactérias que possibilitam que o material se autorrepare.

O concreto bacteriano é feito pela adição de cultura pura no processo de mistura do concreto. É um processo inerente e biomaterial, que pode remediar as fissuras em concreto (RAMCHANDRAN et al., 2001). Apesar de o concreto ser bastante forte mecanicamente, sofre de vários inconvenientes, tais como baixa resistência à

tração, permeabilidade a líquidos, conseqüente corrosão do reforço, suscetibilidade ao ataque químico e, conseqüentemente, baixa durabilidade (MEHTA, 1999). Foram feitas modificações, de tempos em tempos, para superar essas dificuldades, mas todos os processos não são fáceis nem bons (KIRLEY, 1999). Recentemente, a remediação microbiana de concreto começou a ser utilizada, para resolver o problema.

Com isso, comprova-se que existem na natureza microrganismos que têm resolvido problemas que os seres humanos demoram muito tempo para resolver (Benyus, 2005). A bactéria *Bacillus pseudofirmus*, é um bacilo que vive em ambientes extremamente inóspitos como crateras de vulcões em atividade, lugares com pH acima de 10,0, ou dentro de rochas, mesmo a uma profundidade de mais de 1 km da crosta terrestre. Tanto em desertos quanto em ambientes ultrabásicos, as bactérias ativas são encontradas (FAJARDO-CAVAZOS e NICHOLSON, 2006; DON; OBERLANDER, 1981).

Essas bactérias resistentes à dessecação e / ou alcalinas tipicamente formam esporos, que são células especializadas capazes de resistir a altas tensões induzidas mecanicamente e quimicamente (SAGRIPANTI; BONIFACINO 1996). Uma baixa atividade metabólica extremamente ao longo do tempo de vida também gera os esporos, e algumas espécies são conhecidas por produzir esporos que são viáveis por até 200 anos (SCHLEGEL, 1993).

A propósito, em vários estudos, foi reconhecido e relatado o potencial de aplicação de bactérias na tecnologia do betão, por exemplo, para a limpeza de superfícies de concreto (DEGRAEF *et al.*, 2005), bem como para a melhoria da resistência à compressão da argamassa (GHOSH *et al.*, 2005). Além disso, o tratamento bacteriano de calcário degradado, pedras ornamentais e estruturas de concreto para melhorar a durabilidade tem sido o tópico específico de vários estudos (BANG *et al.*, 2001; RODRIGUEZ-NAVARRO *et al.*, 2003; DE

MUYNCK *et al.*, 2005, DICK *et al.*, 2006).

Nessa perspectiva, o objetivo desta pesquisa é analisar os aspectos da autocura e desempenho da propriedade do bioconcreto para autocicatrização de trincas em obras da construção civil, bem como o comportamento da calcite derivada da bactéria *Baccillus* atuante no material; comparar a viabilidade do concreto e bioconcreto; explicar aspectos sustentáveis; e analisar o desempenho da calcite.

Por fim, este estudo justifica-se pelo fato de que as fissuras no concreto são inevitáveis e são uma das debilidades inerentes do concreto e a calcite, adicionada ao concreto; age de forma a sanar as possíveis fissuras provenientes de alguma perturbação ou das ações dos agentes naturais. Essa tecnologia poderá, em teoria, aumentar exponencialmente o tempo de vida das estruturas de concreto e reduzir substancialmente os custos de manutenção. Sua utilização em grande escala, teoricamente deve fechar as trincas formadas, impedindo a entrada de água e outros agentes químicos que vão contribuir para sua deterioração. Essa capacidade de autorrecuperação é especialmente relevante em estruturas de concreto armado que estão enterradas ou que são de difícil acesso.

## MÉTODO

### Objeto de estudo

Trata-se de um estudo sobre análise da calcite como propriedade do bioconcreto, para autocicatrização de trincas em obras da construção civil.

### Tipo de pesquisa

Para este estudo realizou-se uma pesquisa bibliográfica, pois procurou-se explicar o problema proposto por meio de referências

teóricas publicadas, livros, revistas e internet, utilizando a busca por palavras tais como “bioconcreto,” “autocicatrização,” “calcite,” “bactéria *Bacillus*” e “betão”. Também foi realizado um levantamento de dados já existentes e publicados, do qual a pesquisa documental fez parte, com o objetivo de embasar os referenciais sobre a propriedade do bioconcreto, as patologias que ele pode evitar, e outros provenientes ao tema. E, por fim, foram desenvolvidos testes laboratoriais, estudos que envolvem ensaios por meio de testes de comparação de fissuração entre o concreto convencional e o concreto adicionado a calcite, e ensaios de compressão, conforme as normas.

### Instrumentos para coleta de dados

Procedeu-se à realização de testes laboratoriais com carregamentos mecânicos induzidos em corpos de prova, de acordo com a NBR 5739 (Ensaio de Compressão de Corpo de Provas Cilíndricos), com o objetivo de fazer um estudo comparativo entre as fissuras apresentadas no concreto convencional e no bioconcreto, a fim de explicitar as propriedades de resistência da calcite. Também foram avaliados os parâmetros determinantes para este tipo de ensaio, como a idade da amostra no momento da geração do fissuramento ou carregamento e a forma de geração do fissuramento, de acordo com a porcentagem de calcite. Foram, ainda, efetuados ensaios de inspeção visual mediante a aplicação do Penetrante Visível Lavável a Água (VP30) e o Revelador Não Aquoso (D70), na superfície dos moldes de concreto, para identificação da atuação da calcite no preenchimento das trincas existentes em estruturas de concreto.

### Abordagem

A abordagem dos dados desta pesquisa assumiu um caráter quali-quantitativo, em virtude de eles conterem descrições mais precisas, com o intuito de uma melhor explicação sobre o tema proposto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Comportamento da calcite

O concreto é um dos materiais de construção mais utilizados. É barato, forte e fácil de trabalhar. Mas uma curta caminhada pelo centro de qualquer cidade irá provar que ele sofre rachaduras facilmente. O craqueamento de pavimentos de concreto é meramente um incômodo, mas rachaduras em estradas, pontes e edifícios são um perigo (SEIFAN *et al.*, 2016). Água e outros sais escoam através dessas rachaduras, a corrosão se inicia e, assim, reduz a vida do concreto. Isso posto, fez-se necessário desenvolver um biomaterial inerente, um material autorreparador, que possa corrigir, com sucesso, as fissuras no concreto (KOTA *et al.*, 2014).

Diante disso, criaram-se as estruturas inteligentes – aquelas que têm a capacidade de sentir certos estímulos e são capazes de responder a eles de uma forma adequada. Autocura vem sob estruturas inteligentes e refere-se a materiais estruturais para curar ou reparar, automaticamente, a ocorrência de danos. Essa habilidade aumenta a segurança, que é particularmente necessária para estruturas estratégicas. De acordo com Jonkers (2011), a autocicatrização do bioconcreto, assim denominado, ocorre por meio de um agente de autocura, que irá biologicamente produzir calcite, para selar as fissuras que surgirem na superfície das estruturas de concreto. Esse agente é formado por bactérias selecionadas do gênero *Bacillus*, e nutrientes à base de cálcio, conhecido como lactato de cálcio, além de fósforo e de nitrogênio. E são adicionados, juntamente com os constituintes do concreto, durante a mistura.

Existem bactérias que poderiam potencialmente atuar como um agente de autocura no concreto, e, se confirmado o mecanismo de cura, do ponto de vista microbiológico, a aplicação de bactérias no concreto ou concreto como *habitat*

para bactérias especializadas não é estranha. Embora a matriz de concreto possa parecer inicialmente inóspita para a vida, como é um ambiente muito seco e extremamente alcalino, sistemas naturais comparáveis ocorrem, nos quais as bactérias prosperam (FAJARDO-CAVAZOS; NICHOLSON, 2006; DORN; OBERLANDER, 1981)

A vantagem surpreendente desse bioconcreto é sua própria constituição, que, por si, é a capacidade de cura. O betão autocurável é um produto que produzirá biologicamente uma pedra calcária para curar as rachaduras que aparecem na superfície das estruturas de concreto (KOTA *et al.*, 2014). No entanto, é tão durável e forte quanto o concreto convencional, e pode ser usado como um melhor substituto para o concreto normal.

Os esporos bacterianos podem ter estresses extremos, mecânicos e químicos, e permanecerem dormentes por anos, mas os esporos bacterianos viáveis imobilizados na matriz de concreto tornam-se metabolicamente ativos quando em contato com a água, entrando recentemente no concreto. Assim, mediante a ativação do metabolismo dos esporos bacterianos que estão nas rachaduras, dá-se início a um mecanismo conhecido como “cálcio de precipitação de carbonato” (KOTA *et al.*; 2014).

Assim, a criação desse novo biomaterial capaz de regenerar trincas e rachaduras no concreto é essencial para prolongar a vida útil de pontes, ruas, túneis, solucionando situações submetidas à ação do tempo, que é capaz de prejudicar estruturas inteiras. Com isso, está sendo abordada mais detalhadamente, nos próximos tópicos, a utilização do bioconcreto para prolongar, de forma significativa, as manutenções em edificações, de forma a minimizar os custos, no decorrer do tempo.

### Sustentabilidade do bioconcreto

Hoje, a aplicação do concreto está aumentando rapidamente. Já é o material mais usado no mundo, pois é relativamente barato, e seus ingredientes

básicos (areia / cimento / cascalho / água) são prontamente disponíveis. A principal preocupação é que o concreto é insustentável devido a dolorosa pegada de carbono associado a ele. Tornou-se claro que o cimento, o ingrediente do aglutinante-chave no concreto, tem um alto nível de impacto ambiental. Atualmente, cerca de 10% do CO<sub>2</sub> antropogênico total é devido à produção de cimento, unicamente (JONKERS, 2009).

De acordo com Soutsos, a regra do polegar para a produção de cimento é: para cada tonelada de cimento feita, uma tonelada de CO<sub>2</sub> é produzida (CROW, 2008). Após o Protocolo de Quioto, vários compromissos foram feitos para reduzir isso por meio de uma série de avaliações, como: (i) eficiência de produção, (ii) eficiência energética, especialmente na fase de calcinação, pois representa a maioria do consumo de energia (CIMENT CATALA, 2007), e (iii) a inovação na captura e armazenamento de CO<sub>2</sub>.

Para solucionar questões sustentáveis, foi criada uma técnica baseada biologicamente na incorporação de bactérias produtoras do biocimento. Essa técnica corrige trincas e fissuras em betão, com precipitação microbiologicamente induzida de carbonato de cálcio (MICP), um processo pelo qual os organismos vivos formam matérias inorgânicas sólidas (STOCKS-FISCHER *et al.*, 1999). Trata-se de uma técnica altamente desejável, porque a precipitação mineral induzida como resultado de atividades microbianas é livre de poluição, é natural.

Hoje, com a autocura do concreto, a inovação está sendo inspirada na natureza como uma alternativa sustentável. Segundo Janine Benyus, "Fazendo o caminho da natureza"; a natureza é um modelo (em termos de forma, processo, sistema e estratégias), uma medida (um padrão para julgar a sustentabilidade ecológica) e/ou um mentor (uma forma de visualizar e valorizar). Na natureza existem microrganismos que têm resolvido os problemas que os seres humanos demoram tempos

para resolver, e ainda vivem em harmonia há séculos (BENYUS, 2005).

Para estabelecer o bioconcreto como um substituto sustentável do concreto convencional, as consequências ambientais devem ser avaliadas. A avaliação do ciclo de vida (LCA) é uma metodologia adequada para verificar as implicações ambientais de um produto ao longo de seu ciclo de vida completo. Todas as ferramentas LCA utilizam a metodologia padrão na ISO 14040 (2015) desenvolvida pela Organização Internacional de Padronização. Define LCA como uma compilação de avaliação dos insumos, saídas e os potenciais impactos ambientais de um sistema de produtos, ao longo de seu ciclo de vida.

Por meio de uma metodologia de análise de LCA, observou-se que o impacto ambiental do bioconcreto é a metade do impacto do concreto, embora a produção dos insumos em bioconcretos seja o dobro da do concreto. Isso ocorre devido, principalmente, à possibilidade de o bioconcreto ser reciclado e reutilizado para reproduzir bioconcreto, formando, assim, um circuito fechado (GONSALVES, 2011).

### Desempenho da propriedade do bioconcreto

O novo método não tradicional de reparação de microfissuras em estruturas de betão consiste na incorporação de esporos no betão, de maneira que tenham condições para conseguirem formar carbonato de cálcio. Uma das bactérias mais utilizadas é do género *Bacillus*, por sua capacidade de se adaptar a meios agressivos (JONKERS *et al.*, 2010). Os betões com capacidade de autorreparação podem ser uma solução útil para o futuro. Betões autortreparadores utilizavam a bactéria do género *Bacillus*, mas que diferiam em sua espécie, nomeadamente *Bacillus sphaericus*, *Bacillus cohnii*, *Bacillus pseudofirmus*, *bacillus pasteurii* e *Bacillus subtilis*.

O uso de micro-organismos aeróbicos

(*Pseudomonas aeruginosa* e *Bacillus pasteurii*), como agentes autocurativos, apresentaram melhoria de 18% na resistência à compressão da argamassa de cimento. Jonkers (2007), em seu estudo, investigou o uso de bactérias para a cicatrização de fissuras que ocorrem no concreto, como agente autocurativo. DeMuynck *et al.* (2008) mostraram que a durabilidade de materiais de cimento pode ser melhorada juntamente com a deposição de carbonato pelo tratamento de superfície de *Bacillus Sphaericus*. Ramachandran *et al.* (2001) relataram o uso de bactérias para melhorar a durabilidade do concreto quanto à resistência ao ataque de álcalis, congelamento-descongelamento, sulfato, secagem e encolhimento. Achalet *et al.* (2011) investigaram os efeitos de *Bacillus sp.* CT-5 isolado a partir de cimento para determinar o teste de absorção de água e resistência à compressão. O resultado mostrou que a resistência à compressão da argamassa de cimento aumentou para 36% com a adição de microrganismos, e os cubos tratados absorveram água seis vezes menos, quando comparados aos cubos de controle, devido à deposição de calcite microbiana.

Isso indica que, ao usar *Bacillus* para a produção de "concreto microbiano", pode-se aumentar a durabilidade dos materiais de construção. Ghosh *et al.* (2005) descreveram um método para melhorar a força da argamassa de cimento e areia com precipitação mineral induzida por micróbios. O aumento da resistência à compressão da argamassa de cimento (25%) no 28º dia foi observado com a adição de bactérias termófilas e anaeróbicas, na faixa de 105 células / ml para a água de mistura. A melhoria da força foi devido ao crescimento do material de enchimento dentro dos poros dos cimentos e da matriz. Ghosh *et al.* (2005) usaram a bactéria e colocaram-se em argamassa de cimento para permitir uma melhor comparação, mas, a partir da melhora na força que realmente foi observada, fica evidente que,

principalmente nas rachaduras internas, não existe muito oxigênio.

*Bacillus megaterium*, que produz calcite, pode melhorar as propriedades do tijolo de cinzas (silêncio de arroz e tijolos de cinzas volantes), conforme investigado por Dhamia *et al.* (2012). Observou-se uma redução significativa na absorção de água nos tijolos tratados, juntamente com o aumento da resistência à compressão devido à deposição de calcite nos vazios e na superfície dos tijolos. A deposição extracelular de cristais de calcite na superfície de tijolos é devido à atividade microbiana. Essas descobertas mostram que essa tecnologia tem um melhor potencial para o desenvolvimento de blocos de construção ecológicos e duráveis.

Efeito sobre a permeabilidade ao concreto, fenômeno comum observado na estrutura do concreto é a formação de *crack*. A formação de microfissuras resultante dificilmente afeta as propriedades estruturais da construção, mas pode, devido a isso, reduzir a durabilidade da estrutura do concreto e pode representar uma ameaça devido ao risco de entrada de substâncias agressivas, particularmente em um ambiente úmido. Agentes de cura específicos podem ser incorporados na matriz de concreto, a fim de aumentar o potencial de craqueamento autônomo observado em concreto (VAN TITTELBOOM *et al.*, 2010).

### Viabilidade do concreto e bioconcreto

O processo de autocura tem-se mostrado eficaz, podendo até mesmo ser adicionado a um líquido a ser pulverizado sobre edifícios existentes. O problema, no entanto, são os altos custos. Atualmente, é duas vezes o custo do concreto tradicional (BOELENS *et al.*, 2012). Entretanto, o impacto ambiental do bioconcreto é a metade do concreto, devido a sua capacidade de reutilização e reciclagem. (GONSALVES, 2011).

Os mecanismos autocicatrizantes possuem a vantagem de poderem ocorrer mais de uma vez, e

podem ser facilmente especificados nos projetos para elementos estruturais de concreto que não são facilmente acessíveis para sua manutenção e seu reparo, tais como estruturas subterrâneas, pontes e barragens. Embora seus custos iniciais sejam maiores, os custos de manutenção podem ser reduzidos, e a vida útil de serviço dessas estruturas pode ser prolongada, assim como o dano, que pode ser imediatamente reparado (VAN TITTELBOOM, DE BELIE, VAN LOO, JACOBS, 2011).

Segundo o projeto Healcon; “Concreto com poderes de autocura”, que pretende promover o uso do novo material, só na Europa são gastos anualmente US \$ 6,8 bilhões (mais de R\$ 22 bilhões) para reparar edifícios enfraquecidos. Apesar de ser mais caro que o concreto tradicional, o benefício econômico é perceptível, pois economiza em custos de manutenção (BBC, 2016).

Não há limite para a extensão da rachadura que o bioconcreto possa reparar. Pode ser de centímetros a quilômetros. Para o tipo de rachadura, em si, no entanto, há um limite: a fissura não pode ser mais larga que 8 milímetros. Ainda assim, o bioconcreto pode economizar bilhões de dólares na manutenção de estruturas como paredes de edifícios, pontes ou barragens (BBC, 2016).

### Descrição do laboratório

#### Preparo do concreto

O concreto de resistência normal foi dosado utilizando-se o método tradicional, visando a uma resistência à compressão aos 28 dias de 25 MPa. Para o fabrico do concreto convencional e do concreto com acréscimo calcite, utilizou-se uma betoneira elétrica de eixo inclinado e tambor giratório, apresentado na figura 1.

A sequência de produção adotada consiste em:

a) Imprimação da betoneira com um traço de concreto de 1 : 2 , 8 5 : 3 , 1 6 : 0 , 7 5

(cimento:areia:brita:água), após a qual se deixou o material excedente cair livremente, com a betoneira em movimento;

Figura 1 – Betoneira elétrica de eixo inclinado.



Fonte: Elaboração própria, 2017.

b) Lançamento dos componentes secos na betoneira: agregado graúdo, agregado miúdo e material cimentante, mostrado na figura 2;

Figura 2 – Materiais: cimento, areia, brita, água e calcite.



Fonte: Elaboração própria, 2017.

c) Adição de metade da água à mistura seca, seguida de 1 minuto de processamento;

d) Adição do restante da água e lançamento gradual na betoneira, após a qual processou-se a mistura por cerca de 5 minutos, até a completa homogeneização;

e) Após o fabrico do concreto convencional mencionado acima, foi realizada a retirada de 3,868

cm<sup>3</sup> do volume de seu traço para moldagem do corpo de prova com capacidade de 1,993 cm<sup>3</sup>, com as dimensões 0,10x 0,20 m, e confecção de uma amostra retangular com volume 1,875 cm<sup>3</sup>, contendo medidas 0,25x0,15x0,05 m.

Com o material restante, foram elaborados mais três processos, incorporando-se, em cada um, a quantidade de 10% de calcite sobre o volume total de cimento do traço inicial, visando avaliar a influência desse mineral no comportamento das fissuras apresentadas no concreto convencional. O traço inicial da mistura é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição do concreto sem adição de calcite

Concreto Normal			
Material	Peso Específico	Dosagem	Traço Real (Kg)
Areia Fina	1,340	11,661	11,665
Brita 1	1,290	12,942	12,956
Cimento	1,210	4,098	4,100
Água	1,000	2,664	3,075

Fonte: Elaboração própria, 2017.

No primeiro processo, realizou-se a mistura do concreto reforçado com uma fração volumétrica de 10% (200g) de calcite em relação ao volume total do cimento utilizado. Com esse material, produziu-se uma nova amostra retangular, com as mesmas dimensões da primeira, 0,25x0,15x0,05 m, e um corpo de prova cilíndrico com volume de 1,993 cm<sup>3</sup> contendo as dimensões 0,10x 0,20 m.

No segundo processo, com o volume de material restante do processo anterior, gerou-se a mistura do concreto reforçado, agora com mais 10% (200g) de calcite, também em relação ao volume total de cimento do traço inicial. Logo



após, elaborou-se mais uma amostra retangular contendo as mesmas dimensões das anteriores, 0,25x0,15x0,05 m.

Por fim, no terceiro processo, com o volume de material remanescente, foi criada a mistura do concreto reforçado com mais 10% (200g) de calcite, também em relação ao volume total de cimento do traço inicial. Em seguida produziu-se a amostra retangular, também conservando as medidas das anteriores 0,25x0,15x0,05 m, e um corpo de prova cilíndrico com volume de 1,993 cm<sup>3</sup> com as dimensões 0,10x0,20 m.

### Confecção do Corpo de Prova

Para a produção dos corpos de prova, foram seguidas as recomendações da NBR 5738 - "Moldagem e Cura de Corpos de prova de Concreto Cilíndricos ou Prismáticos", que prescreve o procedimento de moldagem, desforma, transporte, cura e preparo dos corpos de prova, destinados à avaliação das qualidades intrínsecas do concreto.

Com o propósito de se atenderem os objetivos da pesquisa, foram utilizados os corpos de prova tradicionalmente para a avaliação das características do concreto convencional e do concreto acrescido à calcite, com formato cilíndrico, cujas dimensões são 10 cm x 20 cm (diâmetro x altura), de acordo com a NBR 5738. Utilizou-se um total de 3 corpos de prova para a resistência à compressão, sendo 1 confeccionado com concreto convencional, e os outros 2 com a adição da calcite com a porcentagem de 10% e 30% sobre o valor do volume de cimento utilizado no teste, apresentado na figura 3.

Figura 3 - Confeção de corpo de prova



Fonte: Elaboração própria, 2017.

Os corpos de prova foram desmoldados entre 24 e 36 horas, e colocados, em seguida, em água saturada de cal, permanecendo ali até o dia designado para o ensaio, conforme a ABNT (1984).

### Resistência à compressão

Foram realizados os ensaios de resistência à compressão axial, de acordo com a NBR 5739, aos 21 dias para os diferentes traços, referentes ao concreto convencional e aos contendo acréscimos percentuais com 10% e 30% de calcite (figura 4). Por meio desse ensaio, foi possível verificar se a adição da calcite no concreto tem alguma influência no resultado da resistência à compressão.

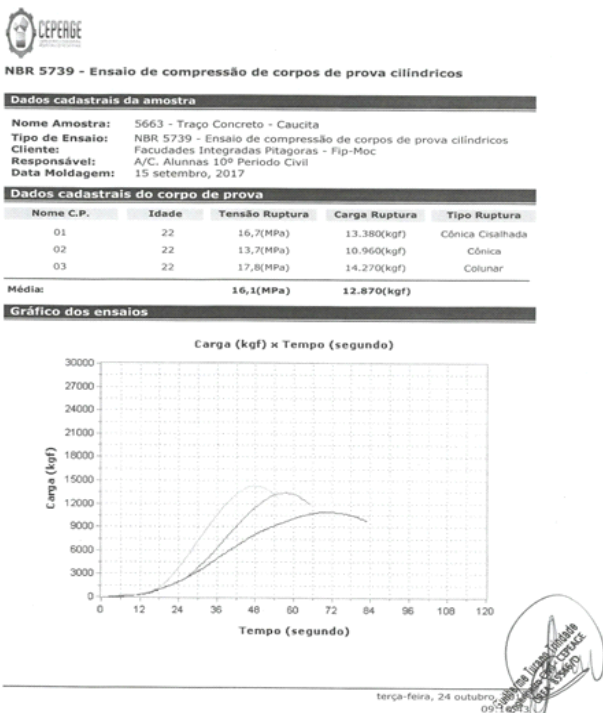
Figura 4 - Rompimento dos corpos de prova



Fonte: Elaboração própria, 2017.

As características desse aditivo, como textura, influenciam positivamente o aumento da resistência. A calcite apresenta um grande percentual de finos que ajudam a mistura a ter um efeito de fluidez e proporciona um maior fechamento dos vazios. Além disso, por possuir maior fluidez, o aditivo permite uma maior aderência entre a pasta e o agregado, através da absorção da pasta. Nos concretos com adição da calcite, todos esses aspectos são significativos para o aumento da resistência. o gráfico da figura 5 apresenta os resultados do efeito da porcentagem da calcite na resistência à compressão do concreto.

Figura 5 - Gráfico de resistência à compressão das amostras



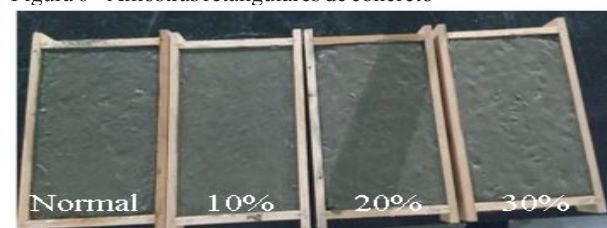
Fonte: Elaboração própria, 2017.

Na figura 5, verifica-se que os valores de resistência foram significativamente inferiores aos valores esperados, devido a algum erro, podendo ser em relação ao traço ou até mesmo moldagem, sendo, assim, inviável a análise da atuação da calcite nesse ensaio.

### 3.5.4 Amostras retangulares

Foram moldadas 4 amostras retangulares com dimensões 0,25x0,15x0,05 m, sendo confeccionada a primeira com traço convencional, e as seguintes com acréscimos de 10 %, 20% e 30% de calcite (Figura 6), com a finalidade de analisar e comparar a presença de fissuras entre elas.

Figura 6 – Amostras retangulares de concreto



Fonte: Elaboração própria, 2017.

Esses moldes foram armazenados em um local protegido por um período de 24 horas, e durante os 7 dias seguintes, foi realizado o processo de cura das amostras, visando retardar a evaporação da água empregada na preparação da mistura, permitindo a completa hidratação do cimento.

O acompanhamento da evolução das fissuras nos elementos do concreto foi feito por meio do ensaio de resistência à compressão e inspeção visual pelo Penetrante Visível Lavável a Água (VP30) e o Revelador Não Aquoso (D70) da marca Metal-Chek, produtos que foram aplicados na superfície dos moldes de concreto (Figura 7). São essenciais para acompanhar as fissuras que o concreto tem e verificar se existe evolução no preenchimento ou não delas. Esses ensaios foram feitos após 30 dias do preparo do concreto.

Figura 7 – Óleo Penetrante aplicado nos moldes de concreto



Fonte: Elaboração própria, 2017.

O processo de inspeção visual foi realizado em três etapas. Inicialmente, foi feita a limpeza da superfície das amostras com um pano úmido; em seguida, aplicou-se o Óleo Penetrante, após 10 minutos aguardados, foi aplicado o líquido Revelador. A utilização do óleo penetrante; para a inspeção visual é essencial, pois ele permite acompanhar as fissuras que o Betão tem e verificar se existe evolução no preenchimento ou não delas. A partir desses dados, sabe-se qual amostra possui o melhor resultado. nesse caso será o que contém o acréscimo de calcite.

Na amostra sem acréscimo de calcite, é perceptível o aparecimento das fissuras, como se verifica na figura 8.

Figura 8 – Amostra sem a presença de calcite



Fonte: Elaboração própria, 2017

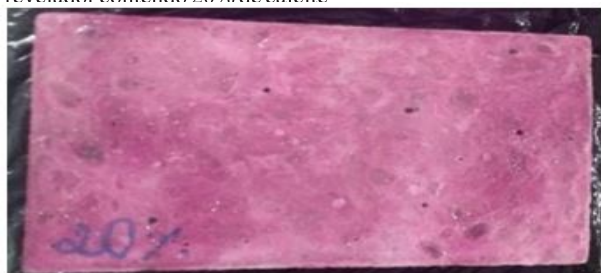
Nas amostras contendo 10% (figura 9), 20% (figura 10) e 30% (figura 11) de calcite, não foi possível visualizar a presença das fissuras, o que evidencia a atuação desse material no preenchimento delas.

Figura 9 – Amostra sobre presença de óleo penetrante e revelador contendo 10% de calcite



Fonte: Elaboração própria, 2017

Figura 10 – Amostra sobre presença de óleo penetrante e revelador contendo 20% de calcite



Fonte: Elaboração própria, 2017

Figura 11 – Amostra sobre presença de óleo penetrante e revelador contendo 30% de calcite



Fonte: Elaboração própria, 2017

Desse modo, por meio do ensaio realizado, verifica-se que, quanto maior é a porcentagem de calcite, mais fluido se torna o concreto, apresentando uma menor quantidade de fissuras.

### Segunda etapa da prática

A segunda etapa da prática foi realizada tendo em vista o resultado da resistência abaixo do esperado na primeira fase, que se baseou em reproduzir amostras de concreto convencional e amostras com porcentagens de calcite. Entretanto, nesta nova etapa, utilizou-se um novo traço de concreto para cada amostra e percentual. Conforme tabelas 2, 3, 4 e 5, o tipo de cimento usado passou a ser o cimento CP V (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial), e os valores de porcentagens da calcite também sofreram alterações, visando a uma resistência à compressão aos 5 dias os 25 Mpa.

Para o fabrico do concreto convencional e do concreto com acréscimo de calcite, utilizou-se uma betoneira elétrica de eixo inclinado e tambor giratório, Observando-se a sequência na produção adotada anteriormente. Também, foi realizado o mesmo procedimento, modificando a quantidade de calcite utilizada em relação ao percentual em cima do cimento, para confecção das quatro amostras nas formas retangulares, para o teste de visualização, e para a composição de oito corpos de prova.

No primeiro procedimento, foi realizado o preparo do concreto convencional similar ao da etapa anterior, conforme o traço da tabela 2.

Tabela 2 - Composição do concreto sem adição de calcite

Concreto Normal			
Material	Peso Especifico	Dosagem	Traço Real (Kg)
Areia Fina	1,490	5,680	5,680
Brita 1	1,270	6,220	6,220
Cimento	1,210	2,000	2,000
Água	1,000	1,160	1,220 + 200

Fonte: Elaboração própria, 2017

No segundo, foi efetuado um novo traço (tabela 3) com acréscimo de 10% (200g) de calcite em relação à quantidade de cimento apresentado no traço do primeiro procedimento.

Tabela 3 - Composição do concreto com 10% de calcite

Concreto Adicionado 20% de Calcite			
Material	Peso Específico	Dosagem	Traço Real (Kg)
Areia Fina	1,490	5,680	5,680
Brita 1	1,270	6,220	6,220
Cimento	1,210	2,000	2,000
Água	1,000	1,160	1,220 + 100
Calcite		0,200	0,200

Fonte: Elaboração própria, 2017.

No terceiro, também foi realizado um novo traço (tabela 4), com acréscimo de 20% (400g) de calcite em relação ao quantitativo de cimento utilizado no traço do primeiro processo.

Tabela 4 - Composição do concreto com 20% de calcite

Concreto adicionado 20% de Calcite			
Material	Peso Específico	Dosagem	Traço Real (Kg)
Areia Fina	1,490	5,680	5,680
Brita 1	1,270	6,220	6,220
Cimento	1,210	2,000	2,000
Água	1,000	1,160	1,220 + 150
Calcite		0,400	0,400

Fonte: Elaboração própria, 2017.

E, por fim, no quarto procedimento, foram acrescidos 30% (600g) de calcite no traço (tabela 5), utilizado para confecção do concreto convencional.

Tabela 5 - Composição do concreto com 30% de calcite

Concreto adicionado 30% de Calcite			
Material	Peso Específico	Dosagem	Traço Real (Kg)
Areia Fina	1,490	5,680	5,680
Brita 1	1,270	6,220	6,220
Cimento	1,210	2,000	2,000
Água	1,000	1,160	1,220 + 150
Calcite		0,600	0,600

Fonte: Elaboração própria, 2017.

Em cada procedimento acima, com diferentes

quantidades de porcentagens, foram confeccionados dois corpos de prova para cada processo, seguindo a NBR 5738 - "Moldagem e Cura de Corpos de prova de Concreto Cilíndricos ou Prismáticos", e uma amostra retangular para cada traço, com as mesmas dimensões da etapa anterior e mesma finalidade.

### Resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão axial teve procedimento em conformidade com a NBR 5739, aos 4 dias, para os diferentes traços, referentes ao concreto convencional, e aos acrescidos percentuais com 10%, 20 % e 30% de calcite (figura 12). Mediante esse ensaio, foi possível analisar se a adição da calcite no concreto tem alguma influência no resultado da resistência à compressão. Os gráficos das figuras 13 e 14 apresentam os resultados do efeito da porcentagem da calcite na resistência à compressão do concreto.

Figura 12 - Rompimento dos corpos de prova

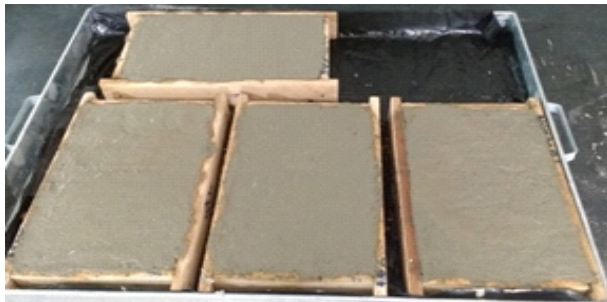


Fonte: Elaboração própria, 2017.

Nas figuras 13, 14, 15 e 16, não é possível perceber um aumento significativo da resistência dos corpos de prova em relação ao acréscimo de calcite. Aqueles com 20% e 30%, pelo contrário,

primeira com traço convencional; e as seguintes, com acréscimos de 10 %, 20% e 30% de calcite (figura 17). Assim como no processo anterior, foi efetuada a cura.

Figura 17 – Amostras retangulares de concreto



Fonte: Elaboração própria, 2017

O acompanhamento da evolução das fissuras nos elementos do concreto também foi realizado como anteriormente, por meio do ensaio de resistência à compressão e inspeção visual com utilização do óleo penetrante (figura 18).

Figura 18 – Óleo Penetrante aplicado nos moldes de concreto



Fonte: Elaboração própria, 2017

Novamente foi realizada a limpeza da superfície das amostras com um pano úmido. Em seguida, aplicou-se o óleo penetrante; após 10 minutos aguardados, foi aplicado o líquido revelador.

Nesse processo, os ensaios foram feitos após 7 dias, de forma a analisar também o fator tempo, em relação à presença da calcite. Na figura 19 em amostra sem acréscimo de calcite, é notável o aparecimento das fissuras.

Na amostra, contendo 10% (figura 20), já é possível perceber uma leve diminuição da presença

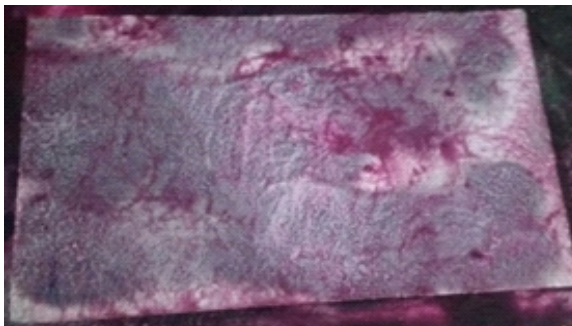
de fissuras.

Figura 19 – Amostra sem presença de calcite



Fonte: Elaboração própria, 2017

Figura 20 – Amostra sobre presença de óleo penetrante revelador contendo 10% de calcite



Fonte: Elaboração própria, 2017

Na amostra contendo 20% (figura 21), verifica-se, novamente, uma diminuição da presença de fissuras.

Figura 21 – Amostra sobre presença de óleo penetrante e revelador contendo 20% de calcite



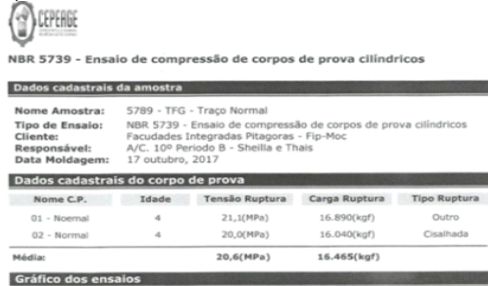
Fonte: Elaboração própria, 2017

Na amostra contendo 30% de calcite (figura 22), não foi possível visualizar a presença das fissuras, o que reforça a atuação desse material em seu preenchimento.

A realização desse ensaio possibilitou evidenciar a atuação da calcite no processo de

tiveram como resultado resistências inferiores ao concreto sem acréscimo. Entretanto, o concreto com acréscimo de 10% de calcite obteve uma resistência levemente acima das demais.

Figura 13 - Gráfico de resistência à compressão, concreto sem adição de calcite



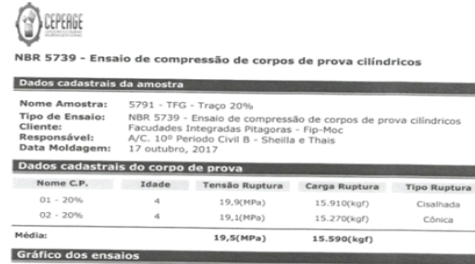
Fonte: Elaboração próprio, 2017.

Figura 14 - Gráfico de resistência à compressão, concreto com adição de 10% de calcite



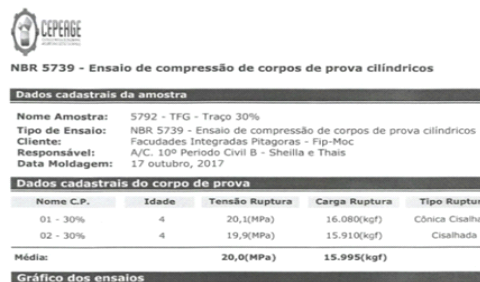
Fonte: Elaboração próprio, 2017

Figura 15 - Gráfico de resistência à compressão, com acréscimo de 20% de calcite



Fonte: Elaboração próprio, 2017.

Figura 16 - Gráfico de resistência à compressão, com acréscimo de 30% de calcite

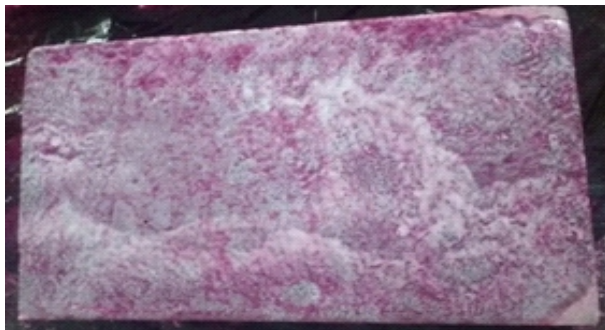


**Amostras retangulares**

Como no 1º processo, foram moldadas 4 amostras retangulares com dimensões 0,25x0,15x0,05 m, sendo confeccionada a

autocicatrização do concreto.

Figura 22 – Amostra sobre presença de óleo penetrante e revelador contendo 30% de calcite



Fonte: Elaboração própria, 2017.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O concreto é o material estrutural de maior uso na atualidade, tendo, assim, grande relevância, entretanto, mesmo o concreto de mais alta qualidade apresenta falhas e, a qualquer momento, pode acabar fissurando. Com base nisso, pesquisadores desenvolveram um material, que denominaram “bioconcreto”, uma espécie de concreto que contém, em sua constituição, bactérias produtoras de calcite (carbonato de cálcio), capazes de conferir ao material propriedades de autorreparação. Em vista disso, este estudo teve o objetivo de examinar esta propriedade da calcite que confere ao concreto a capacidade de autorreparação de trincas e fissuras.

Com base nos ensaios realizados, pode-se concluir que o objetivo do estudo foi alcançado, visto que se obteve o resultado com o acréscimo da calcite para o preenchimento das fissuras normalmente apresentadas no concreto convencional. Evidencia-se que é mais perceptível e se torna mais fluido, de acordo com o aumento do percentual de calcite.

Nos testes de compressão executados, pôde-se observar que não houve aumento considerável de resistência em relação ao acréscimo de calcite; apenas com a adição de 10% da calcite pôde ser verificado um pequeno crescimento referente ao aumento da resistência. Entretanto, os corpos de prova com 20% e 30% não apresentaram diferenças

significativas em relação ao concreto normal; houve até mesmo uma queda da resistência em relação àqueles com o acréscimo dos 10%.

Diante disso, sugerem-se possíveis testes de compressão com menor quantidade de calcite, inferior a 20% da quantidade do cimento utilizado, para uma melhor verificação de um possível aumento de resistência.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: Informação e documentação. Trabalhos Acadêmicos - Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Moldagem e Cura de Corpos de prova de Concreto Cilíndricos ou Prismáticos. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Ensaio de Compressão de Corpo de Prova Cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ACHAL, Varenyam; MUKHERJEE, Abhijit; REDDY, M. Sudhakara. Microbial concrete: way to enhance the durability of building structures. *Journal of materials in civil engineering*, [S.I.], v. 23, n. 6, p. 730-734, 2011.

Bang S. S., Ramakrishnan V. **Microbiologically-enhanced crack remediation (MECR), in Proceedings of the International Symposium on Industrial Application of Microbial Genomes**. Daegu, p.3-13, 2001.

BBC Brasil. Conheça o bioconcreto, material que fecha as próprias rachaduras. *Revista BBC*, Brasil, 27 ago. 2016. Disponível em: <<http://www.bbc.com/portuguese/geral-37204389>>. Acesso em: 21 maio 2017.

BENYUS; Janine. **Biomimicry**: Innovation inspired by Nature. California, EUA: Editora William Morrow & Co, 2005. 320p.

BOELEN et al. **A Concrete Solution for a Concrete Problem**. Universidade de Delft. 2012. Disponível em: <[http://www.foundation-imagine.org/uploads/media/Finalist\\_Bioconstruct\\_ion\\_A\\_concrete\\_solution\\_for\\_a\\_concrete\\_](http://www.foundation-imagine.org/uploads/media/Finalist_Bioconstruct_ion_A_concrete_solution_for_a_concrete_)

problem.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2017.

CIMENT CATALA. **Cement and Environment**. Publicado em 2007. Disponível em: <[http://www.catalcement.eudata.be/epub/easnet.dll/ExecReq/Page?eas:dat\\_im=001C5A&eas:template\\_im=001CBC](http://www.catalcement.eudata.be/epub/easnet.dll/ExecReq/Page?eas:dat_im=001C5A&eas:template_im=001CBC)>. Acesso em: 21 maio 2017.

CROW, James Mitchell. The concrete conundrum. **Chemistry World**, [S.I.], v. 5, n. 3, p. 62-66, 2008.

DE GRAEF, Bernard *et al.* Cleaning of concrete fouled by lichens with the aid of Thiobacilli. **Materials and structures**, [S.I.], v. 38, n. 10, p. 875-882, 2005.

DE MUYNCK, W. *et al.* **Microbial ureolytic calcium carbonate precipitation for remediation of concrete surfaces**. In: Procedimentos da Conferência Internacional sobre Reparação de Concreto, Reabilitação e Reformas, Cidade do Cabo, África do Sul. 2005. p. 296-297. Disponível em: <<https://biblio.ugent.be/publication/342463>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

DE MUYNCK, Willem *et al.* Bacterial carbonate precipitation as an alternative surface treatment for concrete. **Construction and Building Materials**, [S.I.], v. 22, n. 5, p. 875-885, 2008.

DE MUYNCK, Willem *et al.* Bacterial carbonate precipitation improves the durability of cementitious materials. **Cement and concrete Research**, [S.I.], v. 38, n. 7, p. 1005-1014, 2008.

DHAMI, Navdeep Kaur; REDDY, Sudhakara M.; MUKHERJEE, Abhijit. **Biofilm and microbial applications in biomineralized concrete**. Publicado em 17 fevereiro 2012. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/advanced-topics-in-biomineralization/biofilm-and-microbial-applications-in-biomineralized-concrete>>. Acessado em: 10 jun. 2017.

DICK, Jan *et al.* Bio-deposition of a calcium carbonate layer on degraded limestone by Bacillus species. **Biodegradation**, [S.I.], v. 17, n. 4, p. 357-367, 2006.

DORN, Ronald I.; OBERLANDER, Theodore M. Microbial origin of desert varnish. **Science**, [S.I.], v. 213, n. 4513, p. 1245-1247, 1981.

FAJARDO-CAVAZOS, Patricia; NICHOLSON, Wayne. Bacillus endospores isolated from granite: close molecular relationships to globally distributed Bacillus spp. from endolithic and extreme

environments. **Applied and environmental microbiology**, [S.I.], v. 72, n. 4, p. 2856-2863, 2006.

Gestão Ambiental. **ISO 14040**: A avaliação do ciclo de vida. Princípios e Estrutura. Publicado em 2015. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-14.040-Gest%C3%A3o-Ambiental-avaliac%C3%A3o-do-ciclo-de-vida-principios-e-estrutura.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2017.

GHOSH, P. *et al.* Use of microorganism to improve the strength of cement mortar. **Cement and Concrete Research**, [S.I.], v. 35, n. 10, p. 1980-1983, 2005.

GONSALVES, Gayle Maria. **Bioconcrete**: A sustainable substitute for concrete. 2011. Dissertação de Mestrado - Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2011. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/249354261/Biological-Concrete>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

JONKERS, H. M. Bacteria-based self-healing concrete. **HERON**, [S.I.], v. 56, n. 1/2, p. 5-16, 2011.

JONKERS, H.M. **Bioconcrete-Green Inside**. Delft: Delft University of Technology. 2009. Disponível em: <[https://www.sefindia.org/rangarajan/bioconcrete/workshop\\_6\\_SmartSoils.pdf](https://www.sefindia.org/rangarajan/bioconcrete/workshop_6_SmartSoils.pdf)> Acesso em: 25 maio 2017.

JONKERS, H.M. **Self healing concrete**: a biological approach, in *Self Healing Materials: An alternative Approach to 20 Centuries of Materials Science*. Delft: Editora van der Zwaag S., 2007. p.195-204.

JONKERS, H.M., SCHLANGEN, E. **A two component bacteria-based self-healing concrete**: Concrete repair, rehabilitation and retrofitting II. Netherlands: Eitora In MG Alexander, H-D Beushausen, F Dhen & P Moyo, 2009. p 215-220.

JONKERS, Henk M. *et al.* Application of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete. **Ecological engineering**, [S.I.], v. 36, n. 2, p. 230-235, fev.2010.

KIRLEY, J. Epoxy injection is major component of Pittsburgh Airport Parking structure strengthening project, **Concrete Repair Bulletin**, [S.I.], v.12, n.5, p. 16-17, set./out.1999.



KOTA, Krishna Priya et al. Bioconcrete Enhancement from Biofilm Producing Marine Bacterium. **Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.**, [S.I.], v. 25, n. 2, p. 276-279, 2014.

KRETZER, G. S. **Bioconcreto – O Concreto que ganhou vida**. Publicado em outubro 2016. Disponível em: < <http://pet.ecv.ufsc.br/2016/10/bioconcreto-o-concreto-que-ganhou-vida/>>. Acesso em 05 jun. 2017.

MEHTA, P. Kumar. Advancements in concrete technology. **Concrete International**, Farmington Hills, v. 21, n. 6, p. 69-76, 1999.

Ramachandran SK, Ramakrishnan V, Bang SS. Remediation of concrete using microorganisms. **ACI Materials Journal**, Farmington Hills, v.98, n.1, p.3-9, Jan./fev. 2001.

Ramakrishnan, V.; Panchalan, R.K.; Bang, S.S. **Improvement of concrete durability by bacterial mineral precipitation**. Publicado em Janeiro 2001. Disponível em: < <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.965.9905&rep=rep1&type=pdf>> Acesso em: 25 maio 2017.

RODRIGUEZ-NAVARRO, Carlos et al. Conservation of ornamental stone by Myxococcus xanthus-induced carbonate biomineralization. **Applied and Environmental Microbiology**, [S.I.] v. 69, n. 4, p. 2182-2193, 2003.

SAGRIPANTI, Jose-Luis; BONIFACINO, Aylin. Comparative sporicidal effects of liquid chemical agents. **Applied and environmental microbiology**, [S.I.], v. 62, n. 2, p. 545-551, 1996.

SCHLEGEL, Hans G. **General microbiology**. 7 ed. EUA: Editora Cambridge University Press, 1993. 843p.

Seifan, M., Samani, A.K. & Berenjian, A. **Bioconcrete: next generation of self-healing concrete**. Publicado em 29 January 2016. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-016-7316-z>>. Acessado em: 10 jun. 2017.

Stocks-Fischer S, Galinat JK, Bang SS, “Microbiological precipitation of CaCO<sub>3</sub>”, **Soil biology and Biochemistry**, [S.I.], v. 31, n.11, p.1563-1571, 1999.

VAN TITTELBOOM, Kim et al. Self-healing efficiency of cementitious materials containing

tubular capsules filled with healing agent. **Cement and Concrete Composites**, [S.I.], v. 33, n. 4, p. 497-505, 2011.

VAN TITTELBOOM, Kim et al. Use of bacteria to repair cracks in concrete. **Cement and Concrete Research**, [S.I.], v. 40, n. 1, p. 157-166, 2010.

## 1) INSTRUÇÃO AOS AUTORES

A Revista Multidisciplinar das FIPMoc é um periódico especializado, nacional, aberto a contribuições da comunidade científica nacional, arbitrada e distribuída a leitores do Brasil.

Esta revista tem por finalidade publicar contribuições científicas originais sobre temas relevantes para as áreas de Ciências da Saúde, Ciências Humanas, Ciências Exatas e Ciências Sociais, promovendo a divulgação da produção de conhecimento das diversas áreas do saber e estimulando as relações interdisciplinares. Os manuscritos devem destinar-se exclusivamente à Revista Multidisciplinar das Faculdades Integradas Pitágoras de Montes Claros, não sendo permitida sua apresentação simultânea a outro periódico, quer na íntegra ou parcialmente, excetuando-se resumos ou relatórios preliminares publicados em anais de reuniões científicas.

Os manuscritos publicados são de propriedade da Revista, vedada tanto a reprodução, mesmo que parcial, em outros periódicos, como a tradução para outro idioma, sem a autorização do Conselho de Editores.

O(s) autor(es) deverá/deverão assinar e encaminhar, juntamente com o manuscrito: Declaração de Responsabilidade e Transferência de Direitos Autorais, na forma de documentos suplementares.

Os manuscritos deverão ser encaminhados, exclusivamente por via eletrônica, utilizando o *site* de Editoração Eletrônica de Revista (SEER) que encontra-se no endereço [www.fip-moc.edu.br/revista](http://www.fip-moc.edu.br/revista). Os interessados deverão criar um *login* e senha para acesso ao sistema, e seguir as orientações para submissão de manuscritos. Todo o acompanhamento para publicação dos trabalhos será feito através desse sistema.

## 2) CATEGORIAS DE ARTIGOS

Além dos artigos originais, que têm prioridade, a Revista Multidisciplinar das Faculdades Integradas Pitágoras publica ensaios de Atualização Científica, Relatos de Experiências, Relatos de Casos, Notas Técnicas e Cartas ao Editor.

**Artigos originais:** Devem ser oriundos de pesquisas de natureza empírica ou experimental, original, que possam ser replicadas ou generalizadas.

**Artigos ou Ensaios de Atualização Científica:** Devem apresentar uma composição de revisão crítica da literatura existente e pertinente às áreas temáticas a que se destina.

**Relatos de Experiências e Relatos de Casos:** Artigo apresentando experiências exitosas ou de interesse aos profissionais da área, casos clínicos ou situações peculiares de determinada área do conhecimento, que possam ser úteis aos leitores pela escassez de literatura e/ou pela raridade ou notoriedade do evento.

**Notas Técnicas:** Espaço destinado para comunicações técnicas das diversas áreas do conhecimento abordadas pela Revista. A autoria deverá ser necessariamente assumida por uma entidade representativa da categoria a que se destina a nota técnica em questão.

**Cartas ao Conselho Editorial:** Devem ser fruto de crítica ou comentários pertinentes a artigo publicado em fascículo anterior ou notificação de fato relevante ao corpo editorial e de leitores.

## 3) RECOMENDAÇÕES PARA REDAÇÃO DOS ARTIGOS

Os textos enviados devem ter a objetividade como princípio básico. O(s) autor(es) deve(m) deixar claro quais as questões que pretende responder ou o objetivo proposto. A estrutura proposta para os artigos é a que se segue:

### Artigos Originais:

Incluem estudos observacionais, estudos experimentais ou quase experimentais, avaliação de programas, análises de decisão e estudos sobre avaliação de desempenho, entre outros. O artigo deve conter no máximo 5.000 palavras e até cinco ilustrações. A estrutura recomendada é: Introdução, Métodos, Resultados e Discussão.

A Introdução deve ser curta, definindo o problema estudado, sintetizando sua importância e destacando as lacunas do conhecimento na área. A seção sobre os Métodos deve descrever de forma detalhada todos os passos da realização do estudo, permitindo a análise crítica sobre o desenvolvimento do estudo e possibilidade de replicação. Deverá ser informada a aprovação por Comitê de Ética, quando pertinente. Os resultados devem ser apresentados de forma objetiva sem repetição de dados presentes nas figuras (gráficos ou tabelas). A discussão deve retomar o objetivo do estudo, apreciando as limitações e os resultados do estudo e apresentando comparação com a literatura científica existente. As conclusões devem estar inseridas ao final da seção de discussão dos resultados.

Outros formatos poderão ser aceitos, segundo critérios específicos do corpo editorial. O resumo deve ser apresentado de forma não estruturada e possuir até 250 palavras.

### Artigos ou Ensaios de Atualização Científica:

Devem analisar e discutir a literatura existente sobre o tema e devem possuir no máximo de 7.000 palavras e até cinco ilustrações. Recomenda-se a apresentação do texto em itens que possam oferecer ao leitor uma compreensão lógica do processo de revisão (temática, histórica etc.). Nesse sentido, a distribuição das seções é relativamente

livre, após apresentação do tema e da relevância do produto apresentado na Introdução. O resumo deve ser apresentado de forma não estruturada e possuir até 250 palavras.

#### **Relatos de Experiência/Caso:**

Recomenda-se o máximo de 1.800 palavras e até três ilustrações. A estrutura proposta é de Introdução, Relato do Caso ou da Experiência e Discussão. Os resumos (não estruturados) devem possuir até 200 palavras.

#### **Notas Técnicas:**

Incluem comunicações em diversos formatos, segundo a estrutura da nota. Entretanto, recomenda-se o máximo de 1.800 palavras e até três ilustrações. A estrutura é variável e pode suprimir o resumo, que, se presente, deve possuir até 200 palavras.

#### **Cartas ao Conselho Editorial:**

Devem ser redigidas de forma bem objetiva e em bloco único, sem apresentação de seções distintas. Recomenda-se o máximo de 1.000 palavras. Não serão aceitas ilustrações.

#### **Observações:**

(\*) As figuras (tabelas, gráficos e ilustrações diversas) devem ser apresentadas ao longo do próprio do texto e devem ser numeradas consecutivamente. Devem possuir título ou legendas pertinentes. Nas tabelas deve-se evitar o uso de traços internos horizontais ou verticais. As notas explicativas devem ser colocadas no rodapé das tabelas e não no cabeçalho ou no título.

(\*\*) Pesquisas envolvendo seres humanos deverão apresentar no texto a informação sobre aprovação por Comitê de Ética e o número do parecer.

(\*\*\*) As Referências estão limitadas a 25, devendo-se incluir aquelas estritamente pertinentes à problemática abordada, havendo, entretanto, flexibilidade.

#### **4) FORMATAÇÃO DOS ARTIGOS**

Os artigos deverão ser enviados:

Em formato Microsoft Word 2003 ou superior (\*.doc);  
Digitados em páginas tamanho A4, numeradas sequencialmente a partir da primeira página;

Com margens de 2,5 cm;

Com tipo de letra: *Times New Roman* ou Arial tamanho 12;

Com espaçamento de 1,5 cm entre as linhas em todo o texto e

Com parágrafos alinhados em 1,0 cm

Citações e referências deverão ser normalizadas de acordo com o estilo ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) vigente.

Serão aceitas contribuições apenas em português.

Notas de rodapé e anexos não serão aceitos.

A contagem de palavras inclui apenas o corpo do texto,

excluindo-se as figuras e referências bibliográficas.

#### **5) AUTORIA**

O conceito de autoria está baseado na contribuição substancial de cada uma das pessoas alistadas como autores, no que se refere sobretudo à concepção do projeto de pesquisa, análise e interpretação de dados, redação e revisão crítica. Os trabalhos publicados restringem-se a, no máximo, seis autores.

Cada manuscrito deve indicar o nome de um autor responsável pela correspondência com a Revista Multidisciplinar das Faculdades Integradas Pitágoras, e seu respectivo endereço, incluindo telefone e *e-mail*.

#### **6) PROCESSO DE JULGAMENTO DOS MANUSCRITOS**

Os manuscritos submetidos à Revista Multidisciplinar das Faculdades Integradas Pitágoras que atenderem às “instruções aos autores” e que se coadunarem com sua política editorial são encaminhados para revisão por pares de forma anônima e independente. Após análise do mérito científico da contribuição, o parecer é encaminhado ao autor responsável pelo contato.

Os manuscritos aceitos poderão sofrer alterações segundo critérios dos revisores e do corpo editorial, e a publicação estará condicionada à aprovação final dos autores.

#### **7) ORIENTAÇÕES PARA A SUBMISSÃO**

Os manuscritos deverão ser enviados exclusivamente por via eletrônica ([www.fip-moc.edu.br/revista](http://www.fip-moc.edu.br/revista)) conforme descrito no item 1, sem qualquer identificação. O texto apresentado deve suprimir as possibilidades de identificação dos autores ou da instituição onde o estudo foi realizado. Recomenda-se que os autores também encaminhem carta de submissão anexa solicitando a avaliação para publicação.



[WWW.FIP-MOC.EDU.BR](http://WWW.FIP-MOC.EDU.BR)

### FIPMOC

Faculdades Integradas Pitágoras  
Av. Professora Aida Mainartina Paraíso, 80 - Ibituruna  
Montes Claros/MG | (38) 3214-7100

### NASPP

Núcleo de Atenção à Saúde e Práticas Profissionalizantes  
Rua Porto Seguro, 04 - Ibituruna - Montes Claros/MG | (38) 3212-2642

### NPJ

Núcleo de Prática Jurídica  
Rua Tiradentes, 211 - Centro - Montes Claros/MG | (38) 3216-7801

### CEPEAGE

Centro de Prática de Engenharia, Arquitetura e Gestão das FIPMoc  
Rua Paris, nº 240 - Ibituruna - Montes Claros/MG | (38) 3220-9008

### FIPGUANAMBI

Faculdades Integradas Padrão de Guanambi  
Av. Governador Waldir Pires, 215 - Santa Catarina - Guanambi/BA