


ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECANICAS DO CONCRETO COM A INCORPORAÇÃO DE BAMBUSOIDEAE

STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH THE INCORPORATION OF BAMBUSOIDEAE

Gleicielle dos Santos Souza¹

Gustavo Soares Santos²

Resumo: Com a presente tendência ao esgotamento de recursos naturais, a sociedade busca incessantemente meios de minimizar os impactos causados pelo desenvolvimento. Dentre as técnicas mitigadoras destes impactos destacam-se, principalmente, a busca por novas metodologias, processos menos poluentes e mais eficazes além do uso de materiais alternativos. Partindo destas premissas e na busca por alternativas sustentáveis, esta pesquisa estuda a viabilidade da utilização das fibras vegetais, especificamente as fibras de bambu, na confecção de concretos a fim de obter acréscimos positivos na propriedade resistiva à tração do material confeccionado, otimizando o compósito e diminuindo a deficiência do concreto convencional a resistir a tais esforços de tração. Foram realizados os ensaios de compressão axial, com objetivo analítico em referência ao comportamento resistente aos esforços de compressão do concreto confeccionado com as fibras propostas, e o ensaio de tração por compressão diametral, a fim de analisar os acréscimos obtidos a esta propriedade, constatando a eficiência das fibras através da aplicação de porcentagens que variaram entre 0,5 e 8,00% em relação ao consumo de cimento. Expondo os resultados obtidos, constatou-se nesta pesquisa que as propriedades do concreto reforçado por fibras estabelecem melhor equilíbrio entre 0,5 e 1,00% de fibras aplicadas ao concreto.

Palavras-chave: Alternativas sustentáveis. Fibras vegetais. Propriedades do concreto.

Abstract: With the current tendency towards the depletion of natural resources, society is incessantly looking for ways to minimize the impacts caused by development. Among the mitigating techniques of these impacts, the search for new methodologies, less polluting and more effective processes, in addition to the use of alternative materials, stand out. Based on these assumptions and in the search for sustainable alternatives, this research studies the feasibility of using vegetable fibers, specifically bamboo fibers, in the manufacture of concrete in order to obtain positive increases in the tensile resistive property of the material made, optimizing the composite and reducing the deficiency of conventional concrete to resist such tensile stresses. Axial compression tests were carried out, with an analytical objective in reference to the behavior resistant to compression efforts of the concrete made with the proposed fibers, and the traction test by diametral compression, in order to analyze the additions obtained to this property, verifying the fiber efficiency through the application of percentages that varied between 0.5 and 8.00% in relation to the cement consumption. Exposing the results obtained, it was found in this research that the properties of concrete reinforced by fibers establish a better balance between 0.5 and 1.00% of fibers applied to the concrete.

Keywords: Sustainable alternatives. Vegetable fibers. Concrete properties.

¹Graduada em Engenharia Civil pelo Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Passos, gleicielle.souza@hotmail.com

²Graduado em Engenharia Civil pelo Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Passos, gustavo.6489@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

O concreto, devido as suas características, atualmente garante o posto de material estrutural mais utilizado no mundo. Entre suas principais vantagens, listam-se a capacidade de se adequar a diversas condições de produção além de seu baixo custo, além de possibilitar infinitas variações de forma para as peças moldadas. Contudo, o concreto apresenta algumas limitações as quais permeiam entre a baixa relação resistência/peso e o fator de ter sua qualidade aferida apenas após o objeto estrutural já ter sido produzido. Além do concreto convencional apresentar um comportamento marcadamente frágil e uma baixa deformação antes da ruptura quando solicitado aos esforços de tração, sendo que quando o concreto convencional fissa, o mesmo perde completamente a capacidade de resistir aos esforços de tração, e por essa razão, utilizam-se o concreto armado, como alternativa tecnológica, para a reparação destas deficiências descritas (FIGUEIREDO, 2000).

O modelo de desenvolvimento moderno está vinculado a industrialização, caminhado assim no sentido inverso ao modelo de civilização imposto pela revolução industrial, com sua produção e organização de trabalho sendo cada vez mais mecanizada além da utilização de matérias primas não renováveis. Entretanto com o crescimento ascendente da humanidade e a capacidade deste de interferir na natureza, excepcionalmente para a satisfação de seus desejos, surgiram questões referentes ao uso e esgotamento dos recursos naturais, por conseguinte, surgiram movimentos que refletem a crescente conscientização ambiental da população (GONÇALVES et al., 2018).

E nesse espírito de reparação aos malefícios causados pela intervenção a natureza, há a busca de novos materiais preferencialmente os de origem natural, o que faz com que a sociedade industrial priorize a utilização dos materiais naturais.

Em um futuro não tão distante, as fibras vegetais devem despertar o interesse dos países em desenvolvimento como meio de reforço de matrizes frágeis a base de materiais cimentícios, em função de sua grande disponibilidade, baixo custo e economia de energia (DOS ANJOS, 2003).

Reforçar as matrizes frágeis com fibras, tem como finalidade reparar características deficientes destas, como aumentar a resistência a tração, à flexão e ao impacto, além de prevenir ou retardar o aparecimento de fissuras, imprimindo ao elemento estrutural uma maior capacidade de absorção de energia antes da ruptura elevando assim a tenacidade (DOS ANJOS, 2002).

Como citado por Ferreira (2007), o bambu desperta o interesse em relação ao seu rápido desenvolvimento vegetativo, com velocidade de crescimento dos colmos de 8 a 10 cm/dia atingindo até 40cm/dia para algumas espécies. Além de que o bambu necessita de baixo consumo de energia para a sua produção.

Haouli (2018) cita em suas pesquisas que o bambu se mostra um material eficiente e de qualidade, sendo que em alguns casos o mesmo consegue superar o concreto e o aço em questões de resistências físicas e mecânicas.

Devido aos fatos apresentados o bambu possui um significativo potencial quando empregado como reforço ou mesmo como material estrutural, sendo de natureza ecológica gratifica na utilização em relação a conservação do meio ambiente.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Concreto

Antigamente o homem utilizava como material de construção a pedra, a madeira e o barro, porém com o passar do tempo e aumento das exigências foi-se necessário o aprimoramento dos materiais, onde passou-se a demandar maior resistência, maior ductibilidade e melhor aparência, então surgindo assim o concreto, o qual é resistente como pedra e trabalhável como barro (BARBOSA, 2018).

O concreto de cimento Portland é o mais importante material estrutural e de construção civil da atualidade, segundo Isaia (2010).

Barbosa (2018) cita em seu trabalho através de conceitos de Dr. Basto (2006) que o concreto se caracteriza como material composto, constituído por cimento, água, agregado miúdo e graúdo, e ar, sendo que pode ou não conter

adições e aditivos químicos a fim de melhorar ou modificar suas propriedades básicas.

2.2 Fibras de bambu

Um material deixa de ser resíduo pela sua valorização como matéria-prima, para a produção de novos produtos; neste caso, o resíduo passa a ser tratado como subproduto do processo produtivo (VALLE, 1995 apud SAVASTANO JUNIOR, PIMENTEL, 2000).

Através de programas internacionais de cooperação técnica o bambu vem tendo suas qualidades observadas e mostradas como excepcionais, aumentando assim suas aplicações em meio ao mundo do concreto, aço e plásticos (HERNÁNDEZ, 2017).

Com resistência comparável à do aço em muitas aplicações é a mais alta tecnologia da natureza, o bambu tem o poder não apenas de renovar a arquitetura e a engenharia civil — ele pode salvar o planeta do esgotamento (COUTINHO, 2017 apud HAOU LI, 2018).

Em seus estudos Hernández (2017) reporta que o bambu é uma planta de crescimento incrivelmente rápido e com ótimas qualidades construtivas, altamente resistente a tensões e que em princípio suas propriedades mecânicas e tecnológicas podem ser superiores a madeira e até mesmo o aço.

O bambu é uma planta encontrada em abundância, e possui como pseudônimo popular o nome 'madeira dos pobres', porém em outros países como a china a riqueza deste material movimenta cerca de 7 bilhões de dólares por ano, onde o mesmo recebe o nome de "ouro verde". (HAOU LI, 2018).

De acordo com Londoño (2004) apud Haouli (2018), existem aproximadamente 1200 espécies e 90 gêneros de bambus em todo o mundo, porém há certas discordâncias nos estudos sobre este caso. Mais da metade das espécies de bambu estão sob o domínio de continente asiático, possuindo o mesmo cerca de 65 gêneros e 900 espécies de bambu, estando o Brasil com o maior número de espécies encontradas.

Materiais alternativos, tais como o bambu, a tempos vem sendo observado em questão de sua aplicação, como forma usual nas construções, e

não mais somente em resíduos agrícolas e minerais, o que o transforma em uma alternativa de qualidade e agradável a natureza (GHAVAMI, 1984, 1992; GHAVAMI & CULZONI, 1987 apud HAOULI, 2018).

O bambu pertencente à família das Gramíneas ou Poaceae, vem caminhando paralelamente ao desenvolvimento humano desde o princípio, servindo a humanidade em respeito a alimento, abrigo, artefatos e etc. Devido as suas excelentes características físicas, químicas e mecânicas o bambu é considerado no continente oriental como a planta de dois mil usos (HERNÁNDEZ, 2017).

O bambu pertence à família das Gramíneas (Gramineae ou Poaceae) Subfamília Bambusidae estando dividida em duas tribos; a primeira é a Bambuseae que possuem espécimes de grande porte, xilemáticos (colmos lenhosos), e a segunda é a Olyreae que possuem espécimes de pequeno porte (herbáceos). O bambu tem ainda classificação cientificamente na Ordem Poales, Subclasse Commelinidae, Classe Liliopsida, Divisão Magnoliophyta, Superdivisão spermatophyta, do Reino Plantae e Domínio Eukaryota (BARBOSA, 2018).

Anatomicamente o bambu é composto por 50% de células parenquimosas, 10% de vasos e os 40% restantes de fibras como citado por Liese (1980) apud Barbosa e Araújo (2018). De acordo com Ghavami e Rodrigues (2000) apud Barbosa e Araújo (2018), o bambu pode ser considerado como material de estrutura compósita, sendo constituído de fibras longas e bem alinhadas de celulose submergidas numa matriz de lignina.

A utilização do bambu na construção civil alavanca o surgimento de incontáveis sistemas construtivos, como por exemplo na Ásia onde o material é altamente utilizado, ao exemplo da construção do Taj Mahal, que possuía o bambu como estrutura original que somente a pouco tempo fora substituída por estruturas de aço (PIMENTEL, 1997 apud HAOULI, 2018).

Segundo Recht (1994) apud Haouli (2018), o bambu já era utilizado em construções desde a época pré-histórica, sendo utilizado tanto para construções residenciais quanto para construções de infraestrutura como pontes, registros ilustram pontes que foram confeccionadas há cinco mil anos, sendo sustentadas com o auxílio de fibras de bambu.

2.3 Análise dos resultados obtidos com a mistura

Sobre as porcentagens observadas na pesquisa citam-se as seguintes análises:

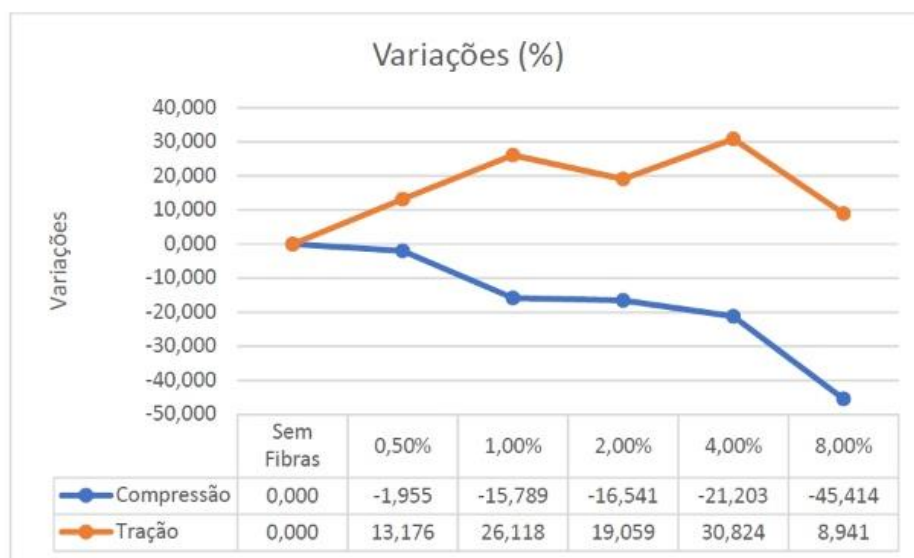
- *Sem fibras* – Corresponde as expectativas se tratando de um concreto convencional, apresentando a maior capacidade de resistir aos esforços de compressão e a menor aos esforços de tração, tal material é o mais comum atualmente e com excelência correspondem ao empenho a eles destinados.
- *0,5% de fibras* – O concreto cuja composição foram inseridas 0,5% de fibras de bambu, mostrou-se um concreto bastante proveitoso, possuindo sua capacidade de resistir aos esforços de compressão próximos ao do concreto convencional, sem fibras, além de ter sua capacidade de resistir aos esforços de tração elevados de maneira significativa, tornando-se nesta pesquisa um dos melhores concretos observados, considerando o equilíbrio já citado.
- *1,00% de fibras* – O concreto com o acréscimo de 1,00% de fibras em sua composição, apresentou-se como o de porcentagem mais correta para a proposta apresentada, pois o mesmo apresentou um pequeno decréscimo da capacidade resistiva da compressão, porém se manteve acima da média geral, e em relação a capacidade de resistir aos esforços de tração apresentou um excelente acréscimo.
- *2,00% de fibras* – O concreto produzido com 2,00% de fibras apresentou perturbações em sua análise, obteve uma significativa defasagem em relação aos esforços de compressão do concreto convencional e não obteve os melhores acréscimos em relação aos esforços de tração, tais resultados são justificados pela particularidade resultante da distribuição das fibras acrescidas.
- *4,00% de fibras* – O concreto produzido com 4,00% de fibras apresentou o melhor acréscimo em relação a propriedade resistiva aos esforços de tração, porém o mesmo sofreu um grande decréscimo na propriedade

resistiva justificado por particularidades de moldagem, e não obteve o equilíbrio necessário para classificá-lo.

- *8,00% de fibras* – O concreto com 8,00% de fibras em sua composição, é classificado nesta pesquisa como o de menor equilíbrio, pois este perdeu aproximadamente metade de sua capacidade resistiva aos esforços de compressão, além de não apresentar acréscimos significativos a propriedade resistiva aos esforços de tração, este concreto apresentou entre todas as porcentagens analisadas a maior dificuldade de moldagem, devido a expressiva falta de trabalhabilidade do compósito.

Em resumo, esta pesquisa constatou que as porcentagens que mais acrescentam positivamente, sem que comprometam outras propriedades do concreto, estão compreendidas entre 0,5% e 1,00% de fibras de *Bambusa vulgaris*. As variações apresentadas nesta pesquisa se resumem no figura 1 a seguir:

Figura 1: Variações totais



Fonte: Do autor, 2021

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com referência aos resultados apresentados por esta pesquisa, concluiu-se que para que haja o acréscimo positivo as propriedades frágeis do concreto deve haver o equilíbrio da quantidade de fibras.

Pois caso seja inserida um abaixo quantidade de fibras, como observado na pesquisa, não há acréscimos positivos as propriedades resistivas aos esforços de tração, além de que como notado, a baixa quantidade de fibras dificulta a boa distribuição das mesmas.

Caso a quantidade inserida seja alta demais, as mesmas afetam diretamente a capacidade restiva aos esforços de compressão, devido a trabalhabilidade ser prejudicada pela natureza de absorção de água das fibras na confecção, necessitando assim de possíveis aditivos ou uma confecção criteriosa além de uma possível alteração do traço.

Já com o equilíbrio obtém-se resultados satisfatórios, pois a distribuição das fibras será conforme a necessária além do que não prejudicara a propriedade resistente aos esforços de compressão do concreto a qual é sua principal.

O estudo cujo a principal vertente é a utilização de fibras vegetais, especificamente a de bambu, é de grande valia pois é ambientalmente eficaz em uma sociedade que, consome insumos em alta demanda e utiliza energias e materiais naturais já em processo de escassez.

Os resultados obtidos nesta pesquisa são promissores, observando os aumentos da resistência mecânica dos corpos de prova quando adicionados ao concreto convencional, sem fibras, porém deve-se ainda observar e garantir técnicas de estabilidade e durabilidade, algo que não foi tema de estudo deste trabalho.

Analisa-se todas as informações transmitidas nesta pesquisa e constata-se que o concreto reforçado com fibras vegetais de bambu é uma técnica economicamente viável, haja vista que é um material de baixo custo e renovável em meio a natureza. Apresentando assim um material alternativo, enfatiza-se à importância de mais estudos sobre o tema e destaca-se a dificuldade em fabricar manualmente as fibras de bambu, ponto este que negativa quando se pensa em grandes produções, fazendo-se necessário o auxílio de maquinários para a larga produção. Já em relação ao aspecto ambiental as fibras de bambu apresentam excelência, emitindo resultados mecânicos satisfatórios e sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ANJOS, M. A. S.; GHAVAMI, K.; BARBOSA N. P. compósitos à base de cimento reforçados com polpa celulósica de bambu. Parte I: Determinação do teor de reforço ótimo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.339-345, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142**: Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12821**: Preparação de concreto em laboratório - Procedimento. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53:**
Determinação de índices físicos. Rio de Janeiro, 2009.

BARBOSA, Marcelo Henrique; ARAÚJO, Aline de Oliveira. **Análise do Comportamento Mecânico do Concreto Reforçado com Fibras de Bambu Incorporado.** TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 71 p. 2018.

BATTISTELLE, R. A. G.; MARCILIO, C.; LAHR, F. A. R. Emprego do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e das folhas caulinares do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* na produção de chapas de partículas. **Revista Minerva – Pesquisa e Tecnologia**, v.5,n.3, p. 297-305, 2009.

BEBER, A. J;. **Comportamento estrutural de Vigas de Concreto Armado reforçadas com compósitos de Fibra de Carbono.** Porto Alegre: UFRGS, 2003. 317 p. Tese Doutorado.

BILBA, K.; ARSENE, M. A.; OUENSANGA, A. **Study of banana and coconut fibers Botanical compositions, thermal degradation and textual observations. Bioresource Technology.** v. 98, p.58-68, 2007.

FERREIRA, G. C. dos S.; **Vigas de concreto armadas com taliscas de bambu *Dendrocalamus giganteus*.** Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 2007.

FIGUEIREDO, A. D.; **Concreto reforçado com fibras.** Tese (livre-Docência) – Escola Politécnica da Universidade do São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2011.

FIGUEIREDO, A. D; **Concreto com fibras de aço.** São Paulo: PCC US, 2000. 70p.

GONÇALVES, F. A. C.; AMARAL, E. L. S.; LOPES JUNIOR, J. L.; LOPES, B. L. S.; RIBEIRO JUNIOR, L. S.; BRABO, D. R.; AMARENTE, C. B. **Fibras Vegetais: Aspectos Gerais, Aproveitamento, Inovação tecnológica e uso em compósitos.** **Revista Espacios** v. 39,n. 6, 2018.

HAOULI, Jaminy Saad. **Estudo da construção sustentável utilizando o bambu**. TCC, Curso de Engenharia Civil, Uni Evangélica, Anápolis, GO, 60p. 2018.

HERNÁNDEZ, R. R. **El bambú como refuerzo em materiales compuestos para la construcción**. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Faculdade de Construcciones – Departamentode Ingeniería Civil, 2017.

ISAIA, Geraldo Cechella. **Tecnologia do Concreto**. Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON).2010. 39f.

JUAREZ, C.; DURÁN, A.; VALDEZ, P.; FAJARDO, G. **Performance of “Agave lechuguilla” natural fiber in Portland cement composites exposed to severe Environment conditions**. Building and Enviromente, v. 42, p. 1151-1157, 2007.

LIESE, W. **Anatomy of bamboo**. In: Bamboo research in Asia, 1980, Ottawa. Proceedings...Ottawa: IDRC, 1980.

LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms**. Technical Report.International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, Eindhoven, New Delhi, 1998.

NASCIMENTO, J. B.; FERREIRA, L. J. N.; DANTAS, V.; SILVA, J.G.T. **Avaliação e desempenho da utilização da fibra do coco na construção civil**. In: IV CONGRESSO ESTADUAL DE INICIAÇÃO CIENTIFICA DO IF GOIANO, p.1-2, 2015.

NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS - NMBA, **Technology, Information,Forecasting and Assessment Council (TIFAC)**. Government of India, 200.

PACHECO-TORGAL, F.; JALALI, S. **Cementitious building materials reinforced with vegetable fibres: A review**. Constructions ans Building Materials, p.1-7, 2010.

ROCHA, J. DE S.; PONTES, C. L. F.; DA CÂMARA, Y. M. O.; RAMOS, K. B. L. **Aproveitamento de fibras vegetais para a construção sustentável**. Inc. Soc., Brasilia, DF, v.6, n.2, p. 42-47, jan/jun, 2013.

SAVASTANO Jr., H. **Materiais à base de cimento reforçados com fibra**

vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo. São Paulo, 2000. 152p. Escola Politécnica, universidade de São Paulo.

SAVASTANO JUNIOR, H.; PIMENTEL, L. L. Viabilidade do aproveitamento de resíduos de fibras vegetais para fins de obtenção de material de construção.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.1, p.103-110, 2000. Campina Grande, PB.

VAJJE, S.; KRISHNA MURTHY, N. R. Study on addition of the natural fibers into concrete. **International Journal & Technology Research**, v. 2, p.213-218, 2013.