



# APLICAÇÕES E TRATAMENTOS DA FIBRA DE BAMBU E SIMILARES: UMA REVISÃO

## APPLICATIONS AND TREATMENTS OF BAMBOO FIBER AND SIMILAR: A REVIEW

C. R. MOURA<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Santa Catarina, Departamento de Fabricação Mecânica, Jaraguá do Sul, Santa Catarina, Brasil, [cassiano.moura@ifsc.edu.br](mailto:cassiano.moura@ifsc.edu.br)

\*Corresponding author. Federal Institute of Santa Catarina, Department of Mechanical manufacturing, Jaraguá do Sul, SC, Brazil, Phone: +55 473276-9600  
e-mail address: [cassiano.moura@ifsc.edu.br](mailto:cassiano.moura@ifsc.edu.br) (C. R. Moura).

### ARTICLE INFO

Article history:  
Received 2019-07-09  
Accepted 2019-12-20  
Available online 2019-12-20

#### palavras-chave

Fibras naturais  
Fibra de bambu  
Compósitos  
Construção civil

#### keywords

Natural Fibers  
Bamboo Fiber  
Composites  
Construction

### ABSTRACT

*The global concern about high energy consumption and consequent increase in pollution may cause the academy to use materials from natural sources that can replace products used in industry and construction. One of the materials that can be used as a substitute in the production of various products that is already being used in construction, architecture and design is bamboo and its fibers. This material is considered lightweight, durable, versatile, with custom use and mechanical. Therefore, the aim of this paper is to conduct a literature review to present how the application occurs and uses natural fibers, the use of bamboo and industrial use. Initially, a presentation is made about the botanical resources of the plant and later the methods used to improve its properties. Finally, some of the possibilities of applying fibers to composite materials and construction are allowed. The results show some treatment possibilities and the main applications of natural fibers, so we hope to show that the use of natural fibers with bamboo fibers can be, and has been used as a viable alternative to supply as applications of materials.*

### RESUMO

*A preocupação global com o alto consumo de energia e o consequente aumento da poluição vêm levando o meio acadêmico a pesquisar materiais de origens naturais que possam substituir produtos utilizados na indústria e construção civil. Um dos materiais que pode ser utilizado como substituto na produção de vários produtos e que já vem sendo empregado na construção civil, arquitetura e no design é o bambu e suas fibras, este material é considerado leve, resistente, versátil, com adequadas características físicas e mecânicas. Diante disso o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão literária para apresentar como ocorrem a aplicação e tratamentos aplicados as fibras naturais, especificamente a de bambu, para fins industriais. Inicialmente é realizada uma apresentação sobre as características botânicas da planta e posteriormente os tratamentos aplicados para melhorar suas propriedades. Por fim são apresentadas algumas das possibilidades de aplicação das fibras em materiais compósitos e na construção civil. Os resultados mostram algumas possibilidades para tratamento e as principais aplicações para as fibras naturais, com isso esperasse destacar que a utilização de fibras naturais especificamente à fibra de bambu pode ser, e vem sendo utilizada como alternativa viável para suprir as necessidades de determinados materiais.*

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil contribui com 54% das emissões de carbono e 25% da extração de madeira no mundo. Isto contribui gravemente para a escassez de recursos naturais. Uma das maneiras para se combater este problema é a utilização de recursos renováveis como as fibras, especialmente a fibra de bambu, um material renovável com grande potencial para reforço estrutural. Este já vem sendo utilizado como substituto na produção de vários produtos na construção civil, arquitetura e no design. Isto ocorre devido às características excepcionais que suas fibras oferecem, sendo uma alternativa atraente para substituir as fibras sintéticas em diferentes aplicações (ECHEVERRI e GARCÍA, 2018). O referido material é considerado leve, resistente, versátil, com adequadas características físicas e mecânicas.

De acordo com o site *Projetobambu* (2015), encontra-se bambu sendo utilizado na construção civil, porém, não se pode generalizar esta afirmação uma vez que o bambu ainda aparece como complemento ou reforço a outros materiais. A qualidade nos processos de extração da fibra do bambu pode melhorar e precisa ser normatizada na construção civil brasileira, para isso é necessário incentivo e pesquisas, sendo que os elementos construtivos precisam ser explorados cada qual com seu potencial explorando suas qualidades e características positivas.

HIDALGO LOPES (1974), *apud* MITFORD (1886) compara a energia necessária para a produção de vários materiais de construção com suas tensões de compressão em cálculos estruturais. Segundo o autor, o bambu consome 50% menos energia para produzir a mesma tensão quando comparado ao aço. Em contrapartida, o Brasil possui diversos recursos naturais que apresentam potenciais semelhantes ao aço como elementos construtivos alternativos e que, por serem de baixo custo, poderiam minimizar esse problema. Isso torna a busca e o desenvolvimento de materiais de baixo custo e com reduzido consumo de energia sustentavelmente aplicável. A utilização de materiais ecologicamente corretos proporciona benefícios como a minimização do consumo de energia, a conservação dos recursos naturais e a minimização da poluição.

## 2. FIBRAS NATURAIS

Pesquisas sobre fibras vegetais, e suas aplicações na manufatura de componentes construtivos, podem ainda ser consideradas como escassas e recentes, mesmo diante das vantagens que esse tipo de fibra natural apresenta sobre as demais. Segundo Liu (A) *et al.* (2012) as fibras vegetais naturais têm contribuído de forma inequívoca para a prosperidade econômica e a sustentabilidade. Especificamente a fibra de bambu, que vem sendo utilizadas para aplicações industriais como processos têxteis, indústrias de papel e construção civil. As fibras são materiais que possuem geometria uniforme e grandes comprimentos em relação ao seu diâmetro, sendo que sua função varia de acordo com suas propriedades físico-química.

Cada tipo de fibra possui características particulares e o

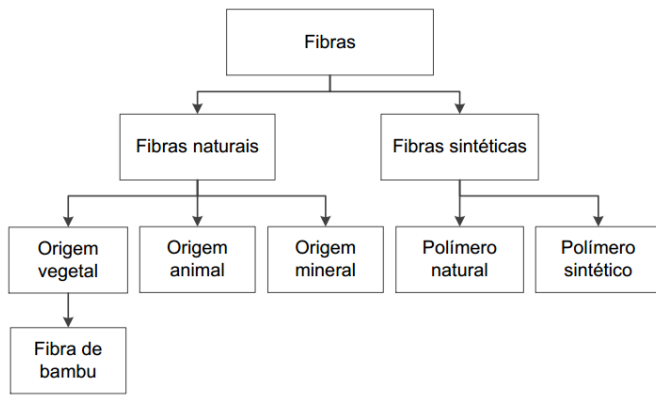
Por outro lado, a plantação de bambu protege o solo de enxurrada e erosão, absorve carbono rapidamente e pode ser cultivado em paralelo com outras madeiras, em reflorestamentos (UPIS, 2010; BEZERRA, 2010). Esta cultura é capaz de fornecer matéria-prima de boa qualidade, como a fibra, podendo contribuir também contra o desmatamento cada vez mais acentuado das árvores e das florestas tropicais. Com a fibra proveniente do bambu, matéria prima na produção de diversos produtos como o papel, pode-se construir painéis com excelentes propriedades estruturais e estéticas (MOIZÉS, 2007). Esse material é proveniente de matas que podem ser plantadas através de processos limpos e economicamente corretos, ou retirados de matas naturais no território brasileiro.

A utilização do bambu, bem como de sua fibra, vem crescendo no mercado tanto brasileiro como mundial. Com o decréscimo da oferta de recursos naturais e grande desenvolvimento da indústria tem-se buscado saídas alternativas e sustentáveis para se contribuir com o meio ambiente. O uso da fibra do bambu para construção de blocos de concreto, substituindo o aço, já se mostrou viável, porém existem poucos estudos a respeito de sua aplicação. Segundo Soderstrom & Calderón, citados por Terra (2007), os bambus aparecem naturalmente em todos os continentes, com exceção da Europa.

Para Judziewicz *et al.* (1999), o Brasil é o país com maior diversidade de espécies de bambu no Novo Mundo, sendo que uma das maiores reservas de bambu nativo, está no sudoeste da Amazônia, chegando a 180.000 km<sup>2</sup>. O Brasil possui uma ampla região com clima favorável para a produção do bambu, detém também a maior reserva natural desta planta (FIALHO, 2005). Mesmo com esses créditos o Brasil ainda restringe muito o seu uso a poucas fábricas de papel e celulose.

Diante do exposto o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão literária para apresentar como ocorrem a aplicação e tratamentos aplicados às fibras naturais, especificamente a fibra de bambu. Com isso esperasse contribuir para a difusão da utilização destes materiais no nosso meio. A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho é de caráter descritivo, uma vez que a seu objetivo é identificar o material bibliográfico que aborde a aplicação, utilização e tratamento de fibras naturais, especificamente a fibra de bambu.

seu aproveitamento como matéria prima baseia-se em suas propriedades, como a capacidade de alongamento, resistência, densidade, disponibilidade, entre outros. Segundo Persson *et al.* (1984), pode-se classificar as fibras em naturais ou sintéticas, conforme mostra a Figura 1. A fibra de bambu nesta classificação seria uma ramificação das fibras de origem vegetal.



**Figura 1 - Classificação dos tipos de fibras. Fonte: Persson et al. (1984).**

A estrutura básica da fibra é composta por hemicelulose, celulose, lignina, além de constituintes com menores percentuais como pectina, sais inorgânicos, substâncias nitrogenadas e corantes naturais (FAGURY, 2005; PHILIPP e D'ALMEIDA, 1998).

Conforme Bledzi, Gassan (1999), as fibras vegetais, conhecidas como lignocelulosicas, em comparação com as sintéticas, apresentam diversas vantagens em relação a sua utilização. Este fato se deve a características como origem natural abundante, baixo custo, fácil renovação, baixa densidade, propriedades específicas, não tóxicas e biodegradáveis. Além de contribuírem para a redução do efeito estufa devido à liberação de CO<sub>2</sub> durante seu cultivo.

Os colmos de bambu são classificados em dois grandes grupos de componentes: fibra solúvel e insolúvel, sendo Celulose, lignina e hemiceluloses são os principais componentes da fibra insolúvel (PEREIRA; BERALDO, 2007). Cada fibra vegetal é constituída de várias fibras elementares, ligadas por um material de cementação constituído basicamente de lignina (FRANCO, 2010). A característica de cada componente das fibras vegetais é descrita a seguir:

- Celulose: principal componente da parede celular da fibra vegetal. é um polissacarídeo da família dos carboidratos. esse componente para o bambu é de 40 a 50%, conforme mostra a Tabela 1;
- Hemicelulose: É uma mistura de vários polímeros polissacarídeos de baixa massa molecular, que estão ligados com a celulose nos tecidos vegetais (CABALLERO e MARCILLA, 1996);
- Lignina: Constitui a fração não contém carbono da fibra, principal componente da camada intercelular. Funciona como elemento de suporte oferecendo resistência ao impacto, compressão e dobra (FRANCO, 2010).

**Tabela 1 – Teor de celulose de alguns materiais naturais.**

Material	Celulose (%)
Algodão	95 – 99
Rami	80 – 90
Bambu	40 – 50
Madeira	40 – 50
Bagaço de cana	43

Fonte: Machado (2000).

De acordo com Junior (2012), a elevada proporção de celulose na fibra é responsável pela sua rigidez, sendo que a fibra de bambu possui um elevado percentual deste componente

conforme mostra a Tabela 2.

**Tabela 2 – Composição de algumas fibras naturais.**

Fibra	Densidade (kg/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)	Referências
Bambu	800	60	5	32	JAIN et al. (1992); OKUBO (2004)
Banana	1350	45	19	5	BARRETO (2010)
Coco	1150	43	0,25	45	ESMERALDO et al. (2010)
Juta	1450	63	20	12	MAZZETTO (2010)
Sisal	1450	70	14	12	BARRETO (2011)

Fonte: Próprio autor.

A proporção desses compostos variam entre as espécies de bambu bem como de acordo com a seções do comprimento da planta. A Tabela 3 mostra o teor de fibra solúvel e insolúvel no interior dos colmos de bambu para as variedades de *Guadua angustifolia*, *Rayada Amarilla* e *Macana*.

**Tabela 3 – Conteúdo de fibra solúvel e insolúvel no colmo da *Guadua angustifolia*.**

Amostra	Fibra insolúvel (%)	Fibra solúvel (%)
Macana	74.41 ± 0.23	10.6 ± 0.35
Rayada A.	83.22 ± 0.04	2.16 ± 0.06

Fonte: Adaptado de Echeverri e García, 2018.

### 3.1 Tratamentos aplicados às fibras naturais

Geralmente as fibras naturais são utilizadas *in natura*, porém alguns pesquisadores vêm estudando técnicas para melhorar as condições destes materiais principalmente para uso em compósitos.

Conforme Alves (2012), as fibras naturais, lignocelulosicas, possuem grupos de hidroxilas com grande potencial de interagir com outros grupos funcionais polares. Uma das dificuldades em se trabalhar com fibras naturais em compósitos é a falta de compatibilidade com alguns materiais, como as matrizes poliméricas, e a alta taxa de absorção de umidade das fibras. Deus et al. (2005) afirmam que após a secagem, a piaçava tem um aumento considerável na sua resistência a flexão, quando comparadas as *in natura*. Outra dificuldade é a possível falta de adesão das fibras à matriz. Esse problema pode ser combatido através de tratamentos físicos e químicos na superfície da fibra.

Ghavami (1995) utilizou vários produtos e métodos de tratamento e impermeabilização da superfície do bambu. Utilizando adesivo estrutural à base de resina epóxi, ele alcançou uma taxa de absorção de umidade de apenas 4% para a espécie de bambu Gigante imerso durante 96 horas em água. Ghavami (2005) apresentou resultados de ensaios de

arrancamento realizados com taliscas de bambu impregnadas com adesivo estrutural à base de resina epóxi, e chegou a valores de 2,75 MPa, sendo que a base de comparação, o aço, foi de 3,25 MPa.

Entre os tratamentos químicos, o método alcalino é o que vem sendo utilizado para modificar a superfície das fibras e melhorar suas propriedades. Este método consiste em fazer a imersão da fibra em uma solução alcalina de proporções específicas (BECKERMANN, 2010). Com este tratamento pode-se limpar e modificar a superfície da fibra, melhorando a sua adesão (BACHTIAR *et al.* 2008).

Conforme Geethamma (1998) e Maldas *et al.* (1997), dentre os benefícios deste método alcalino pode-se destacar o aumento da rugosidade superficial, a maior exposição micro fibrilar e a remoção de parte da lignina externa. O resultado deste tratamento são fibras mais empacotadas e alinhadas, o que melhora as propriedades mecânicas (BLEDZKI e GASSAN, 1999 apud DAS e CHAKRABORTY, 2008). As fibras naturais, na sua maioria, são constituídas principalmente de celulose, lignina e hemicelulose (KIM e NETRAVALI, 2010; BLEDZKI e GASSAN, 1999), sendo que:

- Celulose: é um polímero linear que consiste em unidades de glicose organizadas em uma forma fibrilar;
- Lignina: é um hidrocarboneto complexo;
- Hemicelulose é feita de diferentes unidades de açúcares.

Entre estes constituintes, o teor de celulose é o principal responsável pela resistência e rigidez das fibras naturais. O aumento da concentração desse componente pode melhorar as propriedades de resistência mecânica das fibras. Tratamentos alcalinos a base de hidróxido de sódio (NaOH) são recorrentemente utilizados para este fim, removendo a hemicelulose e a lignina aumentando o teor de celulose (JÄHN *et al.* 2002). De acordo com Jähn *et al.* (2002), tratamento químico em fibras naturais realizados com soluções a base de hidróxido de sódio (NaOH), contribuem para aumentar o teor de celulose, uma vez que essa solução faz a remoção da hemicelulose. Assim, contribuindo para melhorar a resistência e aumentar a rigidez da fibra, assim contribuindo para aumentar a resistência do compósito.

As fibras possuem umidade natural que pode interferir na interface fibra-matriz, trazendo problemas de falta de adesão para o compósito, (MARCOVICH *et al.* 1999). O tratamento químico também contribui para retirar a umidade do interior das fibras. Alves (2012) em seus estudos com fibra de Taquara-lixia (*Merostachys sp.*), realizou diversos tratamentos químicos a fim de melhorar as propriedades superficiais da fibra, buscando uma melhor aderência na matriz de poliéster. Um dos grupos de seus estudos sofreram ataque químico em uma solução 10% massa/massa de NaOH durante 3 h, em uma proporção mássica de 20% taquara / 80% solução.

Em outro grupo de estudo de Alves (2012), os corpos de prova utilizados foram lavados nas duas primeiras horas com uma solução 1% de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), trocada de hora em hora e mais outras três horas a lavagem foi feita em água, também trocada de hora em hora. Após o tratamento químico, as amostras foram secadas em uma estufa a vácuo a 60°C por 24h. Osorio *et al.* (2010) estudaram fibras de bambu da espécie *Guadua Angustifolia* tratadas com soluções diluídas de 1, 3 e 5% massa/volume de hidróxido de sódio durante 20 minutos em

temperatura ambiente. Os resultados encontrados apresentaram um valor de tensão que foram diminuindo conforme se aumentava a concentração do hidróxido de sódio no tratamento.

Das e Chacraborty (2008) aplicaram tratamento com solução de hidróxido de sódio em diferentes concentrações por um período de uma hora e neutralizados com solução de ácido sulfúrico diluído ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Os melhores resultados se apresentaram nas concentrações entre 15% e 20%. Para soluções acima de 20% foi observado perda da resistência mecânica devido à degradação das fibras. Kumar *et al.* (2010) realizaram tratamento com NaOH a 4% durante 72 h, para extrair a fibra de bambu. Este método removeu 38-42% dos polissacáridos das tiras, o material obtido foi resfriado, filtrado, lavado e posteriormente tratado com ácido acético glacial. Liu (B, C) *et al.* (2010) utilizaram um tratamento de  $\text{HNO}_3\text{-KClO}_3$  (ácido nítrico - clorato de potássio) para extrair a fibra de bambu. Antes da adição de clorato de potássio, o fio de bambu seco era imerso numa solução de ácido nítrico diluído, este tratamento era realizado durante 24h a uma temperatura de 50°, posteriormente o material foi resfriado e submetido contra água destilada.

Estudos sobre o método de obtenção da polpa celulósica de fibras de bambu pelos métodos de polpação *Kraft* e *Organosolv* foram apresentados por Jacóe, Pedersoli, & Rodrigues (2017) para composição em compósitos de fibrocimento com 8% de polpa celulósica de bambu incorporada à matriz. Seus resultados mostraram que o método *Organosolv* de mostrou mais eficiente com relação à resistência a flexão e a tenacidade em comparação ao método *Kraft*.

Taborda-Rios, Cañas-Mendoza, & Tristancho-Reyes (2017) discutiram sobre a caracterização mecânica de compósitos de resina poliéster reforçados com fibra de bambu obtidas manualmente e tratadas quimicamente com solução de NaOH a 5% em massa para melhorar a compatibilidade entre matriz / fibra.

Costa *et al.* (2017) avaliaram algumas propriedades mecânicas de fibras de bambu tratadas para utilização como reforço em compósitos poliméricos verdes. O processo químico foi aplicado através das etapas de pré-tratamento, para realizar uma limpeza preliminar da fibra e tratamento para ativar grupos de hidroxilas presentes na celulose e lignina, bem como aumentar a rugosidade da superfície da fibra e melhora a ancoragem mecânica. O tratamento foi realizado em solução aquosa de NaOH a 5% p / v, com aquecimento a 60-65 °C por 1 hora. Seus resultados mostraram que os tratamentos não reduzem o desempenho mecânico das fibras porem facilitam a sua impregnação em resinas poliméricas.

A Tabela 4 apresenta um resumo dos melhores resultados de diversos autores referentes aos tratamentos químicos alcalinos aplicados as fibras de bambu, onde se nota que o hidróxido de sódio é frequentemente utilizado neste processo.

**Tabela 4 – Tratamentos químicos aplicados às fibras de bambu encontrados na literatura.**

Tratamento	(%)	Tempo (h)	Autor
Kraft	-	-	Jacóe, Pedersoli, & Rodrigues (2017)
NaOH - CH <sup>3</sup> COOH	10	3 – 2	Alves (2012)
NaOH	1 - 3 - 5	1/3	Trujillo <i>et al.</i> (2010),
NaOH / H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	15 e 20	--	Das e Chacaborty (2008)
NaOH	5	-	Taborda-Rios <i>et al.</i> (2017)
NaOH	4	72	Costa <i>et al.</i> (2017)
HNO <sub>3</sub> -KClO <sub>3</sub>	30 - 50	24 – 48	Kumar <i>et al.</i> (2010)
			Liu (B) <i>et al.</i> (2010)

Fonte: Próprio Autor.

### 3.2 Fibras naturais aplicadas a materiais compósitos

Os materiais compósitos ou compostos, também conhecidos como conjugados, muitas vezes se apresentam pelo menos com dois componentes ou duas fases, sendo que suas propriedades físicas e químicas são nitidamente distintas em sua composição (CALLISTER, 2008). Para Flinn (1981), um compósito consiste na combinação física de dois ou mais materiais que apresentem características individuais distintas. Sendo que, uma é a fase contínua, também chamada matriz, e a outra, é a fase descontínua ou reforço. Esses materiais apresentam melhores propriedades físicas, mecânicas e químicas, quando comparadas com os seus componentes isoladamente.

O reforço são aqueles constituintes que, de uma maneira ou de outra, aumentam determinadas propriedades do compósito em relação à matriz, (CAVALCANTI, 2006). Separadamente, os constituintes do compósito mantêm suas características, porém, quando misturados, formam um composto com propriedades impossíveis de se obter com apenas um deles. A aplicação de materiais multi-fase pode contribuir com as propriedades dos materiais uma vez que se pode combinar características distintas em uma matriz para aplicações específicas.

Conforme Cavalcanti (2006), o sucesso dos materiais compósitos está na habilidade de fazer uso das seguintes características:

- baixa densidade;
- alta resistência;
- alta rigidez;
- grande resistência à fadiga;
- possibilidade de escolha da orientação da fibra;
- versatilidade de projeto;
- larga variedade de combinações de fibras e de matrizes;
- grande resistência à corrosão;
- estabilidade dimensional;
- baixa transmissão de ruídos;
- maior vida útil.

Estas são algumas das grandes vantagens dos materiais compósitos que são capazes de aliar as melhores características de seus constituintes.

### 3.3 Aplicação de compósitos com fibra de Bambu

Diversos autores vem estudando aplicações com bambu

para diversas finalidades. A fibra vem sendo pesquisada como reforço para diversos tipos de matrizes. Kongkeaw *et al.* (2011) utilizaram fibras de bambus com comprimentos de 2, 4, 6, 8 e 10 mm da espécie *Thyrsostachys Siamensis* Gamble para preparar compósitos com uma matriz de resina epóxi. Os autores utilizaram um teor de fibra de 20% distribuída aleatoriamente, chegando a um resultado de tensão de 51,5 MPa do compósito com a fibra de 10mm.

Alves (2012) desenvolveu compósitos com matriz de resina poliéster com gravetos de bambu taquara-lixo tratados quimicamente com hidróxido de sódio a 10%, a partir do processo de moldagem por compressão. De acordo com os resultados para corpos de prova com aproximadamente 60% de teor de fibras, foi encontrado um valor de tensão de tração médio de  $131,3 \pm 23,1$  MPa.

Reis *et al.*, (2013) utilizaram aglomerados de fibras contínuas de bambu taquara-lixo em matriz de resina poliéster para desenvolver um compósito. Para tal empregou-se um teor percentual de 40, 60, 70 e 75% massa/massa. Nos ensaios de flexão, para os compósitos com teor percentual de aglomerados de fibra de 75% massa/massa obteve-se um valor médio de 220,0 MPa. Li *et al.*, (2015) pesquisaram a molhabilidade de laminados de bambu da espécie *Phyllostachys pubescens* para fabricar uma placa de bambu laminada. A fim de melhorar as propriedades da interface de bambu e suas aplicações, o bambu foi tratado termicamente em óleo a 180°C durante 2 horas. Para a fabricação do laminado foram colados dois pedaços de bambu com resina de fenol-formaldeído (PF), o adesivo foi aplicado a uma taxa de 220 g / m<sup>2</sup> em uma temperatura ambiente de 20 ± 2°C e a uma umidade relativa de 55%. Esse material foi prensado por um período de 10min a uma taxa de 10 kg / cm<sup>2</sup>.

Correia *et al.*, (2014) avaliou o potencial de aplicação da polpa de bambu como elemento de reforço em materiais compósitos cimentícios. O bambu foi preparado pelo processo de polpação organosolv. Foram testados compósitos com 6%, 8%, 10% e 12% de polpa de bambu. Os compósitos foram produzidos em placas finas, medindo 200x200 mm e 5 mm de espessura, a matriz inorgânica foi composta de cimento Portland comum CP-V. As placas foram fundidas por um método de pasta fluida de desidratação por vácuo, seguida por uma técnica de prensagem. Os resultados demonstram que compósitos contendo polpa de bambu 8%, atendem a norma NBR 15498 (2014) e ASTM C 1186 (2012), exigem um módulo mínimo de ruptura de 7,0 MPa para compostos que estão na categoria de 3 onde se requer maior resistência do que os materiais em categorias 1 e 2. Xie *et al.*, (2015) investigaram compósitos à base de cimento reforçado com fibras celulósicas, especificamente palha de arroz e bambu. O percentual de fibra variou de 2% a 16% em peso.

Os resultados dos materiais compósitos apresentaram uma melhoria nas propriedades mecânicas quando comparados a amostra sem reforço de fibras. Medições mostraram que a resistência à flexão pode ser aumentada em 24,3% e a resistência à fratura em 45 vezes. Com a introdução das fibras celulósicas, a densidade de massa do compósito foi diminuída entre 12,4 – 37,3%. Verma e Chariar (2012) desenvolveram compósitos utilizando lâminas de bambu da espécie *Dendrocalamus strictus* e resina epóxi, através do processo de moldagem por compressão. Foram utilizadas lâminas unidirecionais contínuas a uma pressão de 10 Kg/cm<sup>2</sup>. O resultado dos ensaios foi encontrado uma tensão média de



flexão de 128,4 MPa.

Costa *et al.* (2012) utilizou resina poliéster tereftálica para preparar compósitos de fibra de bambu. Com fibras cortadas em 15mm de espessura foram preparados compósitos com fração mássica de 3,90% de fibras distribuídas aleatoriamente. Através dos ensaios de tração realizados foi encontrado um resultado de  $22,77 \pm 3,24$  MPa.

A Tabela 5 apresenta um resumo sobre os principais resultados de compósitos desenvolvidos aplicando-se fibra de bambu e outros materiais como agregados ou reforço.

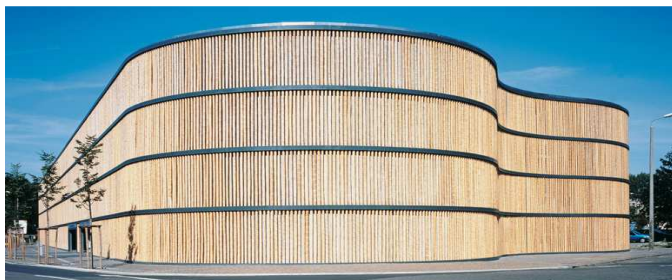
**Tabela 5 – Trabalhos de desenvolvimento de materiais compósitos e suas características.**

Autores	Características
Ghavami (2005)	Bambu como reforço de elementos de concreto
Kongkeaw <i>et al.</i> (2011) Verma e Charriar (2012)	Laminados de bambu com resina epóxi
Costa <i>et al.</i> (2012) Reis <i>et al.</i> (2012) Alves (2012)	Compósito de fibra de bambu com resina poliéster
Li <i>et al.</i> , (2015)	Laminados de bambu com resina fenol-formaldeído
Xie <i>et al.</i> (2015)	Compósito cimentício reforçado com palha de arroz e fibras de bambu

Fonte: Próprio Autor.

### 3.4 Aplicação de bambu e suas fibras na construção civil

De acordo com Junior (2009), arquitetos e engenheiros já vêm utilizando o bambu e fibras naturais em projetos arquitetônicos, como a fachada do novo estacionamento do zoológico municipal em Leipzig, na Alemanha, construída com varas de bambu presas em cintas de aço, conforme mostra a Figura 2.



**Figura 2 - Fachada do estacionamento do Zoológico de Leipzig, na Alemanha. Fonte: Junior (2009).**

Conforme o site Bambubrasileiro (2015), existem registros de mais de 5000 anos referentes a utilização do bambu por populações indígenas na América do Sul. Países como Equador, Colômbia e Costa Rica utilizam programas de habitação que aplicam bambu como alternativa de construção, resultado do esforço de arquitetos e engenheiros latino-americanos como Oscar Hidalgo Lopes, Simon Velez e Ana Cecilia Chaves. O referido site ressalta que o bambu serve para muitas utilidades na construção civil, podendo ser empregado como coluna, viga, lastro, telha, forro, maçaneta e telhado (ver Figura 3). A utilização do bambu na construção civil é uma realidade, porém ainda precisa de muito incentivo e pesquisas para se tornar um material de qualidade e normatizado na construção civil brasileira (PROJETOBAMBU, 2015).



**Figura 3 - Telhado construído de bambu. Fonte: Bambubrasileiro (2015).**

Sistemas de painéis industrializados constituídos de placas de concreto, estruturadas com fibra e desenvolvidos com instalações elétricas e hidráulicas incorporados já são produzidos com bambu in natura (LABISIG, 2010). Estes painéis são fabricados em placas, apropriados às paredes, apresentando dimensões que variam de 2,5 a 3,2 metros de altura e comprimento entre 1,20 a 1,50 metros e espessura de 25 cm para as paredes externas e 15 cm para paredes internas, conforme mostrado na Figura 4.



**Figura 4 - Casas montadas com placas de concreto e fibras de bambu in natura (sistema industrializado). Fonte: LABISIG (2010).**

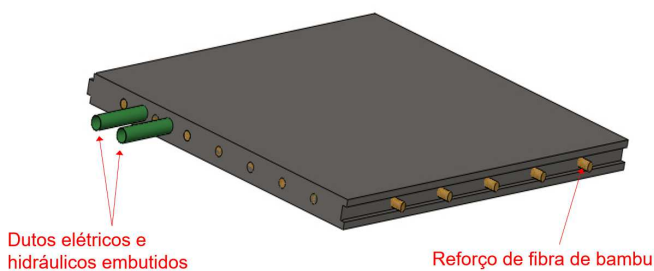
Estudos apresentados por Rusch *et al.* (2019) avaliaram as propriedades físico-mecânicas através de ensaios de cisalhamento, dureza *Janka* e flexão estática, de painéis laminados de bambu das espécies *Phyllostachys aurea* e *Dendrocalamus asper*, ambos produzidos por processos laminado colado e termomecânico. Os melhores resultados em termos de propriedades mecânicas foram verificados no bambu laminado termomecânico. Para *Dendrocalamus asper*, o módulo de ruptura foi de 146,8 MPa, a resistência ao cisalhamento na linha de cola de 6,36 MPa e a dureza *Janka* atingiu 3.852 N, enquanto, para *Phyllostachys aurea*, constatou-se 19.603 MPa no valor do módulo de elasticidade.

Cunha *et al.* (2019) avaliaram as propriedades tecnológicas de painéis de madeira produzidos com partículas de bambu da espécie *Phyllostachys edulis* e *Pinus ssp* em diferentes proporções. Os painéis foram produzidos com densidade nominal de 700 kg / m<sup>3</sup>. Seus resultados mostraram que as partículas de bambu utilizada apresentaram viabilidade técnica para uso no segmento industrial de aglomerados, porém ainda são necessários ajustes no processo para que atendam os padrões atuais de qualidade.

Melo *et al.* (2015) avaliaram as propriedades físico-

mecânicas (flexão estática; ligação interna; e arrancamento de parafusos) de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de bambu da espécie *Bambusa vulgaris*. Seus resultados apontam que as partículas de bambu apresentam potencial para serem utilizados como matéria-prima alternativa na composição de painéis aglomerados, porém com o aumento percentual dessas partículas pode-se aumentar a absorção de água e reduzir a resistência a flexão e ao arrancamento de parafuso. Concluindo que pode ser possível produzir painéis aglomerados com propriedades físico-mecânicas similares àquelas confeccionados exclusivamente com partículas de madeira.

Vieira *et al.* (2016) apresentaram estudos que abordam a aplicação das fibras de bambu em placas de concreto denominados de painéis industrializados, conforme pode-se observar na Figura 5, estas são fabricadas sobre um conjunto de formas sequenciais. Dutos hidráulicos e conduítes para eletricidade são incorporados antes da moldagem para facilitar o processo de construção. As placas de concreto são moldadas internamente com fibras de bambu espaçadas entre elas em forma de telas, formando a parte estrutural da mesma. Para garantir a aderência e a posição das duas placas pré-moldadas, as superfícies da junta vertical são sobrepostas em forma de macho e fêmea, soldadas com concretos sobre os painéis durante a aplicação.



**Figura 5 -Placas de concreto com reforço de bambu – sistema industrializado. Fonte: Adaptado de Vieira (2016).**

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentada uma revisão literária onde se mostraram quais são os principais tipos de fibras naturais e qual a estrutura básica para sua classificação. Foram apresentados

#### REFERÊNCIAS

- ALVES JR., C. A. Desenvolvimento e caracterização mecânica de compósitos de matriz poliéster com gravetos ou fibras de taquara (*Merostachys sp.*). Dissertação de Mestrado em Engenharia de Materiais. Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), 92 p. 2012.
- BACHTIAR, D.; SAPUAN, S. M.; HAMDAN, M. M. Materials & Design The effect of alkaline treatment on tensile properties of sugar palm fibre reinforced epoxy composites. **Materials and Design**, v. 29, 6 p. 2008.
- BAMBUBRASILEIRO. Disponível em: <<http://www.bambubrasileiro.com/info/arq/2.html>>. Acesso em 20 Out. de 2015.
- BARRETO, A. C. H.; COSTA, M. M.; SOMBRA, A. S. B.; ROSA, D. S.; NASCIMENTO, R. F.; S. E. MAZZETTO, S. E. Chemically Modified Banana Fiber: Structure,

quais os principais componentes de uma fibra natural, a hemicelulose, celulose e lignina, bem como quais as características de cada componente.

Ficou claro que a proporção de celulose nas fibras é a principal responsável pela sua rigidez. Foram apresentadas algumas concentrações desse componente para algumas espécies de plantas e observou-se que o bambu possui aproximadamente 50% de celulose, o que o coloca como um importante material a ser estudado para utilização como reforço em materiais compósitos.

Os materiais compósitos ou compostos foram apresentados classificados e definidos como produtos que apresentam pelo menos dois componentes ou duas fases distintas. Já os reforços são materiais utilizados para se aumentar determinadas propriedades na matriz dos compósitos.

Pode-se observar que para melhorar as características físicas das fibras podem-se utilizar tratamentos e técnicas para melhorar as condições destes materiais principalmente para uso em compósitos. Dentre os tratamentos químicos, o método alcalino vem sendo recorrentemente utilizado para modificar a superfície das fibras e melhorar suas propriedades. Foi apresentada uma revisão sobre os principais autores que utilizaram esses tratamentos nas fibras de bambu e observou-se que o principal produto utilizado é o hidróxido de sódio em diversas concentrações.

Foram apresentados materiais compósitos pesquisados por diversos autores que utilizaram a fibra de bambu como reforço em diversos tipos de materiais. Constatou-se uma diversidade de tratamentos aplicados as fibras para melhorar suas características e propriedades.

Na construção civil, o bambu já vem sendo utilizado como alternativa de construção. Foram apresentados alguns exemplos de construções, porém, ainda se necessita de estudos para que se possam melhorar suas propriedades.

Com isso podemos destacar que a aplicação de fibras naturais especificamente a fibra de bambu pode ser e vem sendo utilizada como alternativa viável para suprir as necessidades de materiais, bem como pode ser colocada como uma proposta sustentável, uma vez que esses materiais são renováveis, contribuindo para o meio ambiente.

- Dielectrical Properties and Biodegradability, **J. Polym. Environ**, p.18, 523–531, 2010.
- BARRETO, A. C. H.; ROSA, D. S.; FECHINE, P. B. A.; MAZZETTO, S. E. Properties of sisal fibers treated by alkali solution and their application into cardanol-based biocomposites. **Composites: Part A**, p.42, 492–500, 2011.
- BECKERMANN, G. W.; PICKERING, K. L. Engineering and evaluation of hemp fibre reinforced polypropylene composites: Fibre treatment and matrix modification. **Composites: Part A**, p. 39, 979–988. 2010.
- BEZERRA, M. P.; CORREIA, W. F. M. Ferramenta de corte manual de bambu. In: 9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 2010.
- BLIEDZKI, A. K.; GASSAN, J. Composites reinforced with cellulose based fibers. **Progress in Polymer Science.**, v.

- 24, p. 221-279, 1999.
- CABALLERO, J. A.; FONT, R. MARCILLA, A. Comparative study of the pyrolysis of almond shells and their fractions, holocellulose and lignin. **Thermochimica Acta**, v 276, p 57-77, 1996.
- CALLISTER JR, WILLIAM D. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- CAVALCANTI, W. S. Compósitos poliésteres/tecidos tramados vegetal- vidro: caracterização mecânica e simulação da sorção de água. Tese de Doutorado. Centro de ciências e tecnologia, Doutorado em engenharia de processos. UFCG 2006.
- CORREIA, V. C.; SANTOS, S. F.; MÁRMOL, G.; CURVELO, A. A. S.; SAVASTANO JR. H. Potential of bamboo organosolv pulp as a reinforcing element in fiber-cement materials. **Construction and Building Materials**, Volume 72. Elsevier, p. 65–71. 2014.
- COSTA, D. S.; GUIMARÃES, J. M. F.; FUJIYAMA, R. T. Bamboo fiber-reinforced polymer composite. **Proceedings of 1st Brazilian conference of composite materials – BCCM1**, 4 p., 2012.
- COSTA, M. M. E., MELO, S. L. S., SANTOS, J. V. M., ARAÚJO, E. A., CUNHA, G. P., DEUS, E. P., & SCHMITT, N. Influence of physical and chemical treatments on the mechanical properties of bamboo fibers. **Procedia Engineering**, 200, 457–464. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.064>
- CUNHA *et al.* Technological properties of particleboards produced using mixture of pines and bamboo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.49:05, e20180670. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20180670>
- DAS, M.; CHAKRABORTY, D. Evaluation of improvement of physical and mechanical properties of bamboo fibers due to alkali treatment. **Journal of Applied Polymer Science**, Vol. 107, p. 522–527, 2008.
- DEUS, J. F. D.; MONTEIRO, S. N.; ALMEIDA, J. R. M. Effect of drying, molding pressure, and strain rate on the flexural mechanical behavior of piassava (*Attalea funifera* Mart) fiber –polyester composites. **Polymer Testing**, v. 24, 6 p. 2005.
- ECHEVERRI, L. A. S.; GARCÍA, M. E. R. Morphological and structural characterization of bamboo fiber into *Culm – guadua angustifolia kunth*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 1676-1687, out.- dez., 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509835363>
- ESMERALDO, M. A.; BARRETO, A. C. H.; FREITAS, J. E. B.; FECHINE, P. B.; SOMBRA, A. B. S.; CORRADINI, E.; MELE, G.; MAFFEZZOLI, A.; MAZZETTO, S. E. Dwarf-green coconut fibers: A versatile natural renewable raw bioresource. Treatment, morphology, and physicochemical properties. **BioResources**, p. 5, 2478 – 2501. 2010.
- FAGURY, R. V. G. Avaliação de fibras naturais para a fabricação de compósitos: açaí, coco e juta. Dissertação de Mestrado de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pará (UFP), 78 p. 2005.
- FIALHO, E. G.; TONHOLO, J.; DA SILVA, A. L. P. Desenvolvimento da cadeia produtiva do bambu: Uma oportunidade para empreender. In: SEMINÁRIO LATINO-IBEROAMERICANO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA, Salvador. Anais do XI seminário latino ibero americano de gestión tecnológica. Salvador: ALTEC, 2005.
- FLINN, R.; TROJAN, P. *Engineering materials and their applications*. Houghton Mifflin Company, Boston, 1981.
- FRANCO, J. P. F. Aproveitamento da fibra de epicarpo do coco de babaçu em compósito com matriz de epóxi: estudo do efeito do tratamento da fibra. Dissertação de mestrado. UFRN. Programa de pósgraduação em ciências e engenharia de materiais. 2010.
- GEETHAMMA, V.G. Composite of short coir fibres and natural rubber: effect of chemical modification, loading and orientation of fibre. **Polymer Oxford**, p.39, 1483–1491. 1998.
- GHAVAMI, K. Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. In: **Cement & concrete composites**, v.27, p. 637-649. 2005.
- GHAVAMI, K. Ultimate load behaviour of bamboo-reinforced lightweight concrete beams. **Cement and Concrete Composites**, London, v 17, n. 4, p. 259-351, 1995.
- HIDALGO LOPEZ, O. Bambu: su cultivo y aplicaciones em: fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía. Cali: SNT, 318 p. Boletim técnico. 1974.
- JACÓE, R. B., PEDERSOLI, S. P., & RODRIGUES, C. D. S. Caracterização De Fibrocimentos Com Fibra De Bambu Obtida Por Diferentes Métodos De Polpação. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, 3(8), 1088–1096. 2017. <https://doi.org/10.18540/jcecv13iss8pp1088-1096>
- JÄHN, A.; SCHRÖDER, M. W.; FÜTING, B.; SCHENZEL, K.; DIEPENBROCK, W. Characterization of alkali treated flax fibres by means of FT Raman spectroscopy and environmental scanning electron microscopy. **Spectrochimica Acta Part A**, v. 58, 9 p. 2002.
- JAIN S, KUMAR R, JINDAL, U. C. Mechanical behaviour of bamboo and bamboo composite. **Journal of Materials Science**, p. 27, 4598–4604. 1992.
- JUDZIEWICZ, E.J. *et al.* *American bamboos*. Washington, D.C.: **Smithsonian Institution Press.**, 392 p. 1999.
- JUNIOR, A. E da C. Estudo das propriedades térmicas e mecânicas de biocompósitos com matriz polimérica derivada do LCC suportados em fibras de bambu. Dissertação de mestrado. UFC 2012.
- JUNIOR, A. B. T.; KENUPP, L. K.; CAMPOS, R. de Q. Utilização de bambu na construção civil – uma alternativa ao uso de madeira. In: **Revista Ciências do Ambiente**, Julho de 2009.
- KIM, J. T.; NETRAVALI, A. N. Mercerization of sisal fibers: Effect of tension on mechanical properties of sisal fiber and fiber-reinforced composites. **Composites: Part A**, v. 41, 2010. 8 p.
- KONGKEAW, P.; NHUAPENG. W.; THAMAJAREE, W. The effect of fiber length on tensile properties of epoxy resin composites reinforced by the fibers of bamboo (*Thyrsostachys Siamensis* Gamble). **Journal of the Microscopy Society of Thailand**, v. 4, p. 46-48, 2011.
- KUMAR S.; CHOUDHARY V.; KUMAR R. Study on the compatibility of unbleached and bleached bamboo-fiber with LLDPE matrix. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**. 102:751–761. 2010.
- LABISIG. Laboratório de Pesquisa em Sistemas de Informações Gerenciais e Análises de Processos. SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: Desenvolvimento de Placas de Concreto com Fibra de Bambu para Fechamento (Divisórias). Projeto de



- pesquisa. Joinville. 2010.
- LI, T.; CHENG, D.; WÅLINDER M.E.P.; ZHOU, D. Wettability of oil heat-treated bamboo and bonding strength of laminated bamboo board. **Industrial Crops and Products**. nº 69. Elsevier, v. 1. 2015.
- LIU (A) D.; SONG J.; ANDERSON D. PCHANG P. R.; HUA Y. Bamboo fiber and its reinforced composites: structure and properties. **Science+Business Media**. Ed Springer 2012.
- LIU (B) D.; ZHONG T.; CHANG P.R.; LI K.; WU Q. Starch composites reinforced by bamboo cellulose crystals. **Bioresource Technol** 101:2529–2536. 2010.
- LIU (C) H., HUANG Y., YUAN L., HE P., CAI Z., SHEN Y., XU Y., YU Y., XIONG H. Isothermal crystallization kinetics of modified bamboo cellulose/PCL composites. **Carbohydr Polym** 79:513–519. 2010.
- MALDAS, D.; SHIAISHI, N.; HARADA, Y.; ADHES. Phenolic resol resin adhesives prepared from alkali-catalyzed liquefied phenolated wood and used to bond hardwood J. Adhes. **Sci. Technol**, p. 11, 305-316. 1997.
- MARCOVICH, N. E.; REBOREDO, M. M.; ARANGUREN, M. I. Moisture diffusion in polyester-woodflour composites. **Polymer**, v. 40, 8 p. 1999.
- MAZZETTO, S.; BARRETO, A. C. H.; ESMERALDO, M. A.; ROSA, D. S.; FECHINE, P. B.; E. Cardanol biocomposites reinforced with jute fiber: microstructure, biodegradability, and mechanical properties. **Polymers Composites**, 31. 2010.
- MELO, R. R de., STANGERLIN, D. M., de SOUSA, A. P., de CADEMARTORI, P. H. G., & SCHNEID, E. Physical mechanical properties of wood-bamboo particleboard [Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados madeira-bambu]. **Ciencia Rural**, 45(1), 35–42. 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20120970>
- MOIZÉS, F.A. Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru, São Paulo. 2007. 113f. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. Bauru, 2007.
- OKUBO, K.; FUJII, T.; YAMAMOTO, Y. Development of bamboo-based polymer composites and their mechanical properties. **Composites: Part A**, Vol. 35, pp. 377 - 383, 2004.
- OSORIO, L.; TRUJILLO, E.; VAN VUURE, A.W.; LENS, F.; IVENS, J.; VERPOEST, I. The relation between bamboo fibre microstructure and mechanical properties. 14TH EUROPEAN CONFERENCE ON COMPOSITE MATERIALS, Budapest, Hungary. 2010.
- PEREIRA, M., Y BERALDO, A. L. **Bambu de corpo de alma**. Bauru: Canal 6, 2007.
- PERSSON, H SKARENDAHL, A. Natural Fibre Concrete for Roofing Sheets and Other Purposes in: SAREC report. **Natural Fibre Concrete**, SAREC Stockolm. 1984.
- PHILIPP, P.; D'ALMEIDA, M. L. O. Celulose papel: Tecnologia de fabricação da pasta celulose. São Paulo 2ª Ed., IPT., v1, pg. 48. 1998.
- PROJETOBAMBU. Disponível em: <<http://www.projetobambu.com/construcao-e-engenharia-principal/>>. Acesso em 20 set. de 2017.
- PROJETOBAMBU. Disponível em: <<http://www.projetobambu.com/construcao-e-engenharia-principal/>>. Acesso em 20 out. de 2015.
- REIS, E. G. Compósitos de fibras de taquara (*Merostachys sp.*) e matriz de poliéster e epóxi. Dissertação. (Mestrado em Ciências e Engenharia dos Materiais) – Setor de Tecnologia, Universidade do Estado de Santa Catarina. 2013.
- RUSCH, F., TREVISAN, R., HILLIG, É., & MUSTEFAGA, E. C. Physical-mechanical properties of laminated bamboo panels. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 49(0), 1–8. 2019. <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4953714>
- TABORDA-RIOS, J. A., CAÑAS-MENDOZA, L. A., & TRISTANCHO-REYES, J. L. Comparative study of the mechanical properties of the polyester resin reinforced with bamboo fiber as the substitute material fiberglass Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de la resina poliéster reforzada con fibra de bambú, como material. **DYNA**, 84(202), 35–41. 2017. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n202.57334>
- TERRA, G.R.A. Aspectos da história de vida de *Guadua tagoara* (Nees) Kunth (Poaceae: Bambuseae) na Serra dos Órgãos, RJ. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Programa de PósGraduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, SP. 2007
- UPIS - Faculdades Integradas. Estudo da viabilidade técnica para o cultivo de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) em Planaltina-DF. Boletim técnico, junho de 2010.
- VERMA, C.S., CHARIAR, V.M. Development of layered laminate bamboo composite and their mechanical properties. **Composites: Part B**, V. 43, p. 1063–1069, 2012.
- VIEIRA, A. J. T.; MOURA, C. R.; HERPICH, M. R.; CAMPOS, N.; CAMPOS, G. de L. Aplicação da fibra de bambu aos sistemas industrializados para desenvolvimento de placas de concreto. **Veredas Favip**. Vol. 9, Nº 1. 2016.
- XIE X.; ZHOU Z.; JIANG M.; XU X.; WANG Z.; HUI D. Cellulosic fibers from rice straw and bamboo used as reinforcement of cement-based composites for remarkably improving mechanical properties. **Composites Part B**. 78. p 153 - 161. Elsevier 2015.