

Aplicação da fibra de bambu aos sistemas industrializados para desenvolvimento de placas de concreto

Adalberto José Tavares Vieira – UDESC – adalberto.vieira@udesc.br

Cassiano Rodrigues Moura – UDESC – cassianocrm@hotmail.com

Guilherme De Luca Campos – UDESC – ecti.engenharia@gmail.com

Márcio Ricardo Herpich – UDESC – marciofisiko@hotmail.com

Nilson Campos – FITEJ – ncampos@fitej.org.br

Resumo

Para usar o bambu como matéria prima economicamente sustentável e viável, com aplicação na engenharia e industrialização, faz-se necessário um estudo científico, analisando propriedades físicas, mecânicas e microestruturais das fibras do bambu, bem como sua aplicação em placas de concreto. Além de ser renovável, o bambu absorve rapidamente grandes quantidades de carbono, é perene, com grande potencial agrícola e industrial. A pesquisatem o objetivo de analisar a aplicação da fibra de bambu através do processo químico (tipo Kraft), para uso como reforço em placas de concreto.

Palavras-Chave: Bambusa vulgaris, Fibras vegetais, Placa de concreto, Construção enxuta.

Bamboo fiber application to industrial system to develop concrete slabs

Abstract

To use bamboo as raw material economically sustainably and viable to engineering and industrialization application, a scientific study it's necessary, analyzing physical, mechanical and microstructural of bamboo fibers, as well as its concrete slabs application. In addition to being renewable, bamboo rapidly absorbs large amounts of carbon, is evergreen, with large agricultural and industrial potential. The research aims to analyze the application of bamboo fiber by chemical process (Kraft), for use as reinforcement in concrete slabs.

Key-words: Bambusa vulgaris, Vegetable fibers, Concrete board, Lean construction.

1. Introdução

Grande parte da população brasileira vive sob condições precárias de vida e não apresenta condições financeiras suficientes para adquirir moradia adequada. Em contrapartida, o país

possui inúmeros recursos naturais que apresentam potenciais como elementos construtivos alternativos e que, por serem de baixo custo, poderiam minimizar o problema habitacional.

O desenvolvimento e a aplicação de materiais de baixo custo e reduzido consumo de energia na engenharia civil tornam-se sustentavelmente viáveis. Os materiais industrializados, também chamados convencionais, mobilizam vastos recursos financeiros, consomem muita energia de trabalho e requerem um processo centralizado.

O bambu é uma alternativa viável para este processo, sendo um material natural considerado leve, resistente, versátil, com adequadas características físicas e mecânicas e que pode substituir muitos materiais na fabricação de vários produtos, inclusive ser aplicado aos processos da construção civil, na arquitetura e no design. Com a fibra do bambu usado como reforço, podem ser produzidos painéis com excelentes qualidades estruturais e estéticas provenientes de matas plantadas (agropecuária), e produzidos através de processos limpos com baixo consumo de energia.

Pertencente à família das gramíneas (Poaceae), subfamília bambusoideae, este vegetal pode ser considerado como um material compósito natural no qual a lignina atua como matriz e as fibras de celulose como reforço. Essas fibras promovem grande resistência à tração, à flexão e rigidez na direção longitudinal do bambu além de conferirem resistência mecânica ao concreto diminuem a retração conseqüente das reações de hidratação. Assim, os painéis com compósito concreto-fibra de bambu, representam economia com materiais e mão de obra e agregam valores na confecção das placas de concreto (LOPEZ, 2003),.

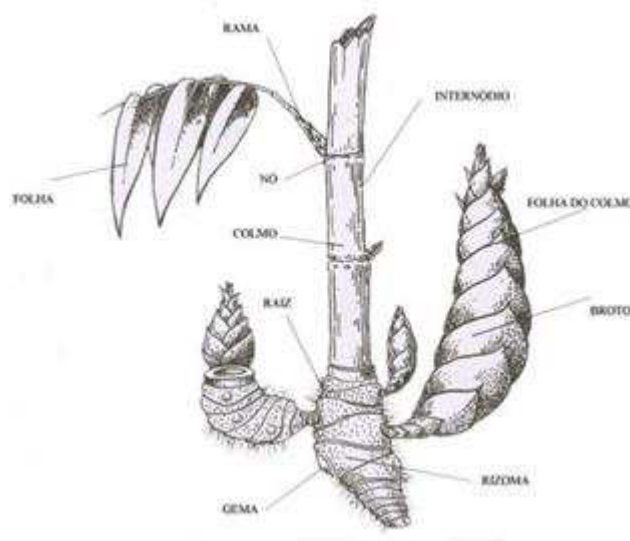
A pesquisa proposta tem como objetivo geral, estudar a aplicação da fibra do bambu como reforço em painéis de concreto. Para tanto, propõe-se como caso objeto de estudo, analisar e investigar dados técnicos da cadeia produtiva do bambu, bem como das fibras de bambu e os processos industriais para a obtenção de compósito a base dessas fibras.

De acordo com Londoño (2004), no mundo existe um total de 90 gêneros e 1 200 espécies de bambus. Contudo muitas divergências existem com relação a esta diversidade. Kumar (2002) relata uma existência de mais de 1575 espécies; Kaley (2000) cita o número de 1200 espécies distribuídas em 75 gêneros e a National Missionon Bamboo applications (NMBA), 111 gêneros e 1600 espécies.

O bambu é formado basicamente por colmo, folhas e ramificações subterrâneas, conforme a Figura 1. A estrutura anatômica da seção transversal é determinada pelo formato, tamanho, disposição e número de canais vasculares. Estes são compostos por tecidos ditos mecânicos,

os quais são formados por fibras e por vasos condutores sendo estes formados por dois vasos, o metaxilema e o floema, e pela rotoxilema que são as artérias principais (GHAVAMI, 1992).

Figura 1. Partes do banbu.



Fonte: (NMBA, 2004).

A espessura das paredes do colmo é muito variável, dependendo da espécie, apresentando em alguns casos, o diâmetro interno tão reduzido que torna o bambu praticamente sólido (BARBOSA, 1997).

A espessura da parede também depende da posição ao longo da altura do colmo, quanto mais alto, mais fina vai se tornando a espessura do colmo. A parede do colmo é constituída por fibras de poucos milímetros, feitas de lignina e silício, alinhadas paralelamente construtivas excelentes.

2. Materiais e Métodos

Vários estudos têm indicado que as fibras vegetais, uniformemente dispersadas no compósito, trazem ganhos de desempenho em relação à matriz sem reforço, pela melhor distribuição das tensões no material, maior resistência à fissuração, ao impacto, aumento da resistência à flexão, da capacidade de suportar carregamento pós-fissuração, maior ductilidade e tenacidade. Podem ser obtidas, adicionalmente, melhores propriedades de isolamento térmico e acústico.

Pesquisas sobre fibras vegetais podem ser consideradas como uma fonte ecologicamente sustentável de matéria prima. Novas possibilidades de utilização dessas fibras estimulariam as economias locais, criando novos campos de comercialização desses produtos, que são

recursos facilmente renováveis, favorecendo o déficit habitacional mundial que atinge populações de baixa renda.

De acordo com Londoño (2004), no mundo existe um total de 90 gêneros e 1 200 espécies de bambus. Contudo muitas divergências existem com relação a esta diversidade. Kumar (2002) relata uma existência de mais de 1575 espécies; Kaley (2000) cita o número de 1200 espécies distribuídas em 75 gêneros e a National Mission on Bamboo applications (NMBA), 111 gêneros e 1600 espécies.

Como constituinte do sistema industrializado com placas de concreto, o cimento Portland possui propriedades adesivas e coesivas, capaz de ligar fragmentos de minerais entre si de modo a formar um todo compacto (NEVILLE,1997).

Para a confecção das placas de concreto com utilização de fibras de bambu, o tipo de cimento que se mostrou mais atrativo foi o cimento Portland CP II-E, em virtude do CP II-E não atacar tão fortemente as fibras vegetais quando adicionada ao cimento para formar o compósito. Segundo Anjos (2002), o CP II-E já contém em sua constituição, de 6 a 34% de escória de alto forno moída, proporcionando assim uma matriz com menor teor de hidróxido de cálcio, com conseqüente diminuição do ataque alcalino à lignina das fibras. Logo, esse tipo de cimento torna-se de fundamental importância para a elaboração de compósitos com fibras vegetais, em especial a fibra de bambu.

Com base na descrição dos produtos utilizados, faz-se necessário o detalhamento da cadeia produtiva do bambu, bem como a descrição dos processos industrializados para extração da fibra de bambu e confecção das placas de concreto. Inicialmente define-se a região de plantio e a espécie do bambu, após a análise do solo, na qual também é verificado se haverá a necessidade de trabalhar com irrigação. Para a preparação do solo se faz necessário o acompanhamento de profissional qualificado para verificar os resultados da análise de solo e auxiliar na preparação.

O Bambu é uma planta que possui um desenvolvimento muito rápido. O tempo de estabelecimento de uma plantação varia de cinco a sete anos, e o amadurecimento de um bambu acontece em três a quatro anos. A partir do quarto ano já se pode coletar colmos e brotos. A média de produção de biomassa num bambual é de 10 toneladas por hectare por ano.

O corte do Bambu é relativamente simples. O bambu deve ser cortado sempre após o primeiro nó para evitar que o rizoma apodreça. O corte deve ser feito à 0,30 metros do chão. Para fins de construção devem-se usar os bambus maduros, mas não podres, com cerca de 3 a 4 anos.

Em pesquisa constata-se que a espécie ideal de bambu para adequar-se às estruturas da placa de concreto é a *Bambusavulgaris*, por apresentar maior quantidade de feixes de fibrovasculares, dando melhores reforços estruturais de modo eficiente, com caracterização física e mecânica, conforme demonstrado na tabela 1.

Tabela 1. Tabela com ensaios de caracterização do bambu.

ENSAIO	TENSÃO DE RUPTURA (MPa)
Flexão	92,70
Tração	96,80
Compressão	37,10
Cisalhamento	8,50

Fonte: Autor, 2015

Após o corte, o bambu necessita de métodos apropriados de secagem e utilização para otimizar a fibra destinada à construção e se obter maior resistência, durabilidade e eliminar a contaminação por insetos e fungos. Depois de cortado aconselha-se deixar o bambu em pé no local de colheita, ainda apoiado nos vizinhos, por cerca de 2 a 3 semanas.

Figura 2. Secagem do bambu.



Fonte: Autor (LABSIG/ENVILLE).

Neste tempo ele secará, mas ainda nos estados de temperatura, pressão e umidade em que sempre viveu. O colmo cortado ainda estará úmido por dentro, e, desejando utilizar-se o bambu para fins de construção de objetos ou estruturas deve-se secá-lo em sistemas industrializados tipo estufas, para obter resistência e durabilidade.

Existem diversos tipos de estufas usadas para este fim, o que varia geralmente são as fontes de energia utilizadas. Por se tratar de uma planta leve depois de tratada, a estocagem do bambu é feita de maneira simples, exige-se apenas que ele seja colocado em local seco e arejado.

Após a secagem completa, o bambu está pronto para extração das fibras, para uso na confecção de placas de concreto. O interesse no uso de polpas celulósicas extraídas das fibras está no fato de que o processo de polpação confere remoção das impurezas não celulósicas, como a lignina e a hemicelulose, diminuindo o ataque às fibras sem a necessidade de modificações na matriz cimentícia [...] (SMOOK, 1989).

Existem três métodos para obtenção das fibras, classificados como: Processo Mecânico, Processo Químico e Processo Semi – químico. Aborda-se nesta pesquisa o processo químico, sendo o que menos afeta as fibras.

Segundo Smook (1989) o processo de polpação tipo Kraft pode chegar a remover toda a lignina presente no material de origem, logo, haverá um menor ataque das fibras quando expostas a matriz cimentícia do compósito, portanto, torna-se mais vantajoso trabalhar com esse tipo de separação de fibra.

Empregando uma combinação de hidróxido de sódio e sulfato de sódio a temperaturas altas (aproximadamente 170 °C), a lignina é degradada efetivamente em fragmentos solúveis em água e fibras de polpa predominantemente compostas de celulose e hemicelulose (Rydholm, 1965).

Figura 3. Bambu em lasca, com suas fibras, para extração química.



Fonte: Autor (LABSIG/ENVILLE).

As grandes vantagens do processo Kraft sobre o sulfato são: maior rendimento e celulose de excepcionais resistências físico-mecânicas. Em termos de matérias-primas, os processos sulfato e Kraft se destacam pela sua versatilidade, não havendo praticamente limitação alguma do ponto de vista técnico.

2.1 Aplicação em painéis industrializados

Por fim, a aplicação das fibras é feita em placas de concreto que são fabricadas num conjunto de formas sequenciais. Dutos hidráulicos e conduítes para eletricidade são incorporados antes da moldagem, figura 4.

Figura 4. Sistema hidráulico e/ou elétrico embutido.



Fonte: Autor, 2015.

As dimensões dos painéis possuem a mesma altura que o pé direito, com no máximo 2,70 m. A largura das placas fica em torno de 1,20 m, com espessura que varia entre 120 a 150 mm, dependendo dos requisitos para as instalações embutidas facilitando no manuseio construtivo, conforme apresentado na figura 5.

Figura 5. Placa de concreto com aplicação da fibra de bambu.

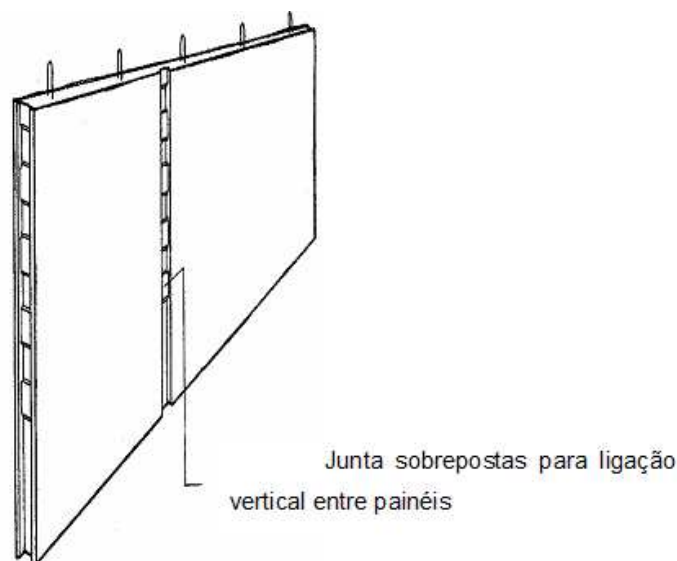


Fonte: Autor, 2015.

As placas de concreto são moldadas internamente com fibras de bambu espaçadas entre elas em forma de telas, dimensionadas durante a pesquisa, 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 construção, demonstrada na figura 6.

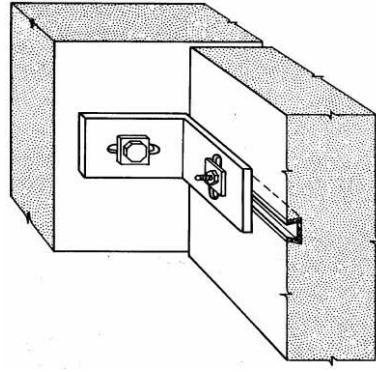
Figura 6. Elementos compostos de concreto e fibra de bambu.



Fonte: Autor, 2015.

Para engastar as placas no piso ou laje, são utilizados dispositivos de engaste com cantoneiras, figura 7.

Figura 7. Exemplos de ligações parafusadas.



Fonte: Autor, 2015.

Os painéis possuem as seguintes características descritas:

Paredes: Os painéis são constituídos de placas de concreto, estruturadas com fibra de bambu. As armaduras internas e externas são ligadas entre si com o objetivo de formar um bloco monolítico. Portas e janelas são moldadas diretamente nos painéis. A face superior recebe o lixamento mecânico, com isso reduzindo o acabamento final. Para a montagem das paredes em placas de concreto são fixadas em forma de encaixes (macho e fêmea), onde uma é afixada na outra, atuando assim como sistemas modulares.

Montagem: Para o controle de montagem, as peças devem ter um cartão anexado com informações do tipo: data, tipo da peça, local da construção, seqüência da colocação por pavimento, lado interno ou externo da peça pré-fabricada, parte inferior e superior da peça fabricada. Os painéis podem ser montados na obra em forma de mutirão, podendo até serem fabricados nesse processo.

Estrutura: Os painéis das paredes internas e pisos estruturais têm a espessura de 14 cm, formando uma estrutura multicelular amarrada em todas as direções. As paredes internas com fins estruturais apoiam-se no piso com função de amarração melhorando a estabilidade do conjunto. No caso das construções térreas dispensa-se o cálculo estrutural, já que as próprias juntas de concretagem responsabilizam-se pela estabilidade da estrutura. Dispensa-se o cálculo no caso de edifícios pela necessidade da avaliação mais detalhada nas juntas das tensões de tração nesses pontos localizados.

Instalações: Os dutos são moldados nos painéis durante o processo de pré-fabricação e a fiação executada no próprio local, em casos específicos admitindo que essa fiação esteja pronta da própria fábrica de pré-fabricação. As tubulações de água fria e quente, esgoto primário e esgoto secundário também são moldados nos painéis na fábrica, inclusive a tubulação de gás.

Acabamento: O comportamento das paredes externas suporta muito bem as condições do clima adverso principalmente no item umidade combatida por pequena declividade deixada pela parte externa da obra evitando com isso a penetração de água. Os acabamentos finais recebem simplesmente a pintura.

3. Resultados e discussão

Esse tipo de visão estratégica propiciará a produção de pré-fabricados com considerável redução no custo da mão de obra e de materiais uma vez que o sistema construtivo compõe-se de painéis constituídos de concreto e fibra de bambu com todas as instalações imbutidas. Nas divisórias e lajes, admite-se a substituição da alvenaria e de estruturas rígidas por produtos prontos, leves e flexíveis, dando melhor definição de desempenho arquitetônico e estrutural. Esses materiais serão montados fora da obra, diminuindo e organizando atividades na obra e reduzindo-se perdas de materiais.

Vantagens da utilização das placas industrializadas podem ser destacadas: rapidez na execução, alívio de carga e conseqüentemente redução de custo na estrutura, limpeza no canteiro da obra, compatibilização e otimização de frentes de serviços na obra, montagem sistêmica industrial, patologicamente correto quanto às dilatações, contrações e microfissurações. A vantagem do uso das fibras do bambu como reforço é devido ao seu baixo custo, boa resistência a tração, rapidez no crescimento do bambu e baixo consumo de energia na produção de fibras.

4. Considerações finais

O estudo da utilização da fibra de bambu em placas de concreto vem salientando a necessidade de buscar alternativas para o crescimento e desenvolvimento da construção civil ecologicamente correta no Brasil (sustentabilidade) e no segmento de agronegócios visto que em muitos países, mesmo subdesenvolvidos, pode-se utilizar essa matéria prima para a construção de prédios e casas populares.

Ressalta-se a importância de preservarmos o meio ambiente, reconstruindo as plantações de bambu, assim como plantando novas mudas para que, apesar de pouca utilização da gramínea, encontram-se novas aplicações do bambu em diversas áreas produtivas, barateando o custo e respeitando as normas mundiais de ecologia, trazendo assim, desenvolvimento urbano e rural às cidades brasileiras.

Neste sentido, considera-se de grande importância a realização da produção dos painéis testes com compósito de fibra de bambu e a construção de um protótipo com esse material para

repetir avaliações e obter melhores definições desse processo construtivo. Por fim, sugere-se a realização da análise de viabilidade econômica de cada uma das propostas apresentadas, comparando os investimentos necessários para sua implantação com os benefícios obtidos, verificando assim o retorno financeiro alcançado.

A observância dos resultados obtidos com estes estudos de pesquisa possibilitará a realização de uma análise melhor embasada, reduzindo assim os riscos na tomada de decisão, quanto à aplicabilidade do estudo realizado.

5. Referências

- ANJOS, M. A. S. dos. **Compósito a Base de cimento reforçado com polpa celulósica de bambu. Parte I: determinação do teor de reforço ótimo.** Revista brasileira de engenharia agrícola e Ambiental (2002), v. 7. p 339 – 345.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **A versatilidade do cimento brasileiro.** Disponível em: http://www.abcp.org.br/basico_sobre_cimento/tipos.shtml. Acesso em: 12 set. 2007.
- BARBOSA, J. C. **Utilização do Bambu na Produção de Habitação de Interesse Social.** Dissertação (Mestrado) – Escolade Engenharia de São Carlos (EESC), USP, São Carlos, 1997.
- BEZERRA, M. P.; CORREIA, W. F. M. **Ferramenta de corte manual de bambu.** In: 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2010.
- CARLESSI, A. S. **Avaliação da substituição de fibra de aço por fibra de bambu em piso de concreto não armado.** TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010. 66 p.
- CHATTOPADHYAY, S. K.; KHANDAL, R. K.; UPPALURI, R.; GHOSHAL, A. K. **Bamboo fiber reinforced polypropylene composites and their mechanical, thermal and morphological properties.** Journal of Applied Polymer Science, v. 119, 2011. 8 p.
- DALCUL, A. P. C. **As novas tecnologias e as relações de trabalho: um desafio para a qualidade na construção civil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 1995. 110p.
- 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 pós-graduação em ciências e engenharia de materiais. 2010.
- GHAVAMI, K. **Bambu: um material alternativo na engenharia.** Engenharia, São Paulo, 1992, n. 492, p. 23 – 7.
- GRACE, T. M.; LEOPOLD, B.; MALCOLM, E. W.; KOCUREK, M. J. E. **Pulp and Paper Manufacture. Alkaline Pulp.** Tappi Press: Atlanta, 1987; Vol. 5, p. 45 – 73.
- KALEY, V. Venu **Bharati, a comprehensive volume on bamboo.** Maharashtra, 2000. 189 p.
- KUMAR, M. **Comercial bamboos of Kerala.** Kerala Forest Institute, New Delhi, Índia, November 2002. 21 p.
- KUMAR, M.; **Field identification key to native bamboos of Kerala.** Kerala Forest Research Institute, 2002. 38 p.
- LONDOÑO, X. **La Subtribu Guaduae de América.** SIMPOSIO INTERNACIONAL GUADUA; Pereira, Colômbia, 2004.
- LOPES, W. G. R. **Solo cimento reforçado com Bambu: característica física – mecânicas.** Tese doutorado (doutorado engenharia agrícola) Universidade Estadual de Campinas: Campinas, 2003, 165 p.
- MARINHO, N. P. **Características das fibras do bambu (dendrocalamus giganteus) e potencial de aplicação em painéis de fibra de média densidade (MDF).** Dissertação de mestrado. UTFPR 2012.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa Nacional de Florestas.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/sbf/index.cfm>. Acesso em: 05 fev 2005.
- NEVES, O. N. E. **Elaboração de compósito biodegradável à base de pectina/Eva reforçado com fibra de coco.** Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.
- NEVILLE, A. M., **Propriedades do Concreto,** Editora Pini, 2º ed., pp.828, 1997.
- NETO, C. B. **Desenvolvimento de compósitos de resina epóxi e fibras de Taquara-lixia (merostachyskvortzoviisendulsky), para aplicações estruturais.** Tese de doutorado. UFPR 2014.

- OSORIO, L.; TRUJILLO, E.; VAN VUURE., A.W.; VERPOEST, I. **Morphological aspects and mechanical properties of single bamboo fibers and flexural characterization of bamboo/epoxy composites**. Journal of Reinforced Plastics and Composites, v. 30, 396-408, 2011.
- PAVITHRAN, C.; MUKHERJEE, P.S.; BRAHMAKUMAR, M.; DAMODARAN, A. D. **Impact properties of natural fibrecomposites**. Journal of Materials Science, Índia, 1987.p.882–884. Full Text via CrossRef | View Record in Scopus | Cited By in Scopus (37).
- RYDHOLM, S. A. **Pulping processes**. London: Interscience Publishers, John Wiley and Sons, Inc., 1965. 1269 p.
- REIS, E. G. **Compósitos de fibras de taquara (Merostachyssp.) e matriz de poliéster e epóxi**. Dissertação. (Mestrado em Ciências e Engenharia dos Materiais) – Setor de Tecnologia, Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville, 2013. 105 p.
- REZENDE, M. C.; COSTA, M. L.; BOTELHO, E. C. **Compósitos Estruturais: Tecnologia e Prática**. São Paulo: Artliber Editora, 2011.
- SMOOK, G. A. **Handbook for pulp and paper technologists**. Joint Committee of the Paper Industry, Canadá, 1989. 370 p.
- STUDINKA, J. B. **Asbestos substitution in the fibre cement industry**. Int. J. Cement Comp. Lightweight Concr. 1989. 73 – 78 p.
- UPIS – Faculdades Integradas. **Estudo da viabilidade técnica para o cultivo de bambu gigante (Dendrocalamus giganteus)** em Planaltina – DF. Boletim técnico, junho de 2010.