



Produção artesanal e sustentável de bambu laminado colado

Handmade and sustainable production of laminated bamboo lumber

Producción artesanal y sostenible de laminado de bambú

José Ricardo Reghin Filho

Pós-graduando em Engenharia Urbana (Mestrado), UEM, Brasil.
ric.civil@gmail.com

Mario Henrique Bueno Moreira Callefi

Pós-graduando em Engenharia Urbana (Mestrado), UEM, Brasil.
mariocallefi@gmail.com

José Luiz Miotto

Professor Doutor, UEM, Brasil.
jlmiotto@uem.br



RESUMO

Em dias em que a indústria da construção civil é uma das que mais impacta o meio ambiente, o bambu surge como um material alternativo, recurso renovável, versátil e de baixo impacto ambiental. Este trabalho visa estruturar um método artesanal e sustentável para a fabricação de bambu laminado colado. Para isso, foi proposto um método de confecção de peças de bambu laminado colado, a partir do emprego de adesivo poliuretano à base de óleo de mamona, que se divide em sete etapas principais: colheita; taliscamento; tratamento preservativo; usinagem das taliscas; preparo do adesivo; colagem e prensagem; e aplainamento final. As fases de produção foram realizadas de modo com que empregassem ferramentas com baixa tecnologia, além de técnicas de fácil execução. Verificou-se que o método de fabricação proposto manteve o caráter sustentável do material, além de fornecer bases para estudos futuros quanto à melhoria do processo produtivo.

PALAVRAS-CHAVE: Bambu Laminado Colado. Produção Artesanal. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Nowadays when the construction industry is one of the most impacting of the environment, bamboo emerges as an alternative material, renewable resource, versatile and low environmental impact. This work aims to structure a handmade and sustainable method for the manufacture of laminated bamboo lumber. For this, a method of confection of pieces of laminated bamboo lumber was proposed, from the use of polyurethane adhesive based on castor oil, which is divided into seven main steps: harvesting; slat cutting; condom treatment; machining of slabs; preparation of the adhesive; gluing and pressing; and final planing. The production phases were made so that they used tools with low technology, besides techniques of easy execution. It was verified that the proposed manufacturing method maintained the sustainable character of the material, besides providing bases for future studies regarding the improvement of the productive process.

KEYWORDS: Laminated Bamboo Lumber. Craft Production. Sustainability.

RESUMEN

En los días en que la industria de la construcción civil es una de las que más impacta el medio ambiente, el bambú surge como un material alternativo, recurso renovable, versátil y de bajo impacto ambiental. Este trabajo pretende estructurar un método artesanal y sostenible para la fabricación de laminado de bambú. Para ello, se propuso un método de confección de piezas de laminado de bambú, a partir del empleo de adhesivo poliuretano a base de aceite de ricino, que se divide en siete etapas principales: cosecha; corte de las láminas; tratamiento preservativo; mecanizado de las talas; preparación del adhesivo; collage y prensado; y el cepillado final. Las fases de producción se realizaron de modo que emplearan herramientas con baja tecnología, además de técnicas de fácil ejecución. Se comprobó que el método de fabricación propuesto mantuvo el carácter sostenible del material, además de proporcionar bases para estudios futuros en cuanto a la mejora del proceso productivo.

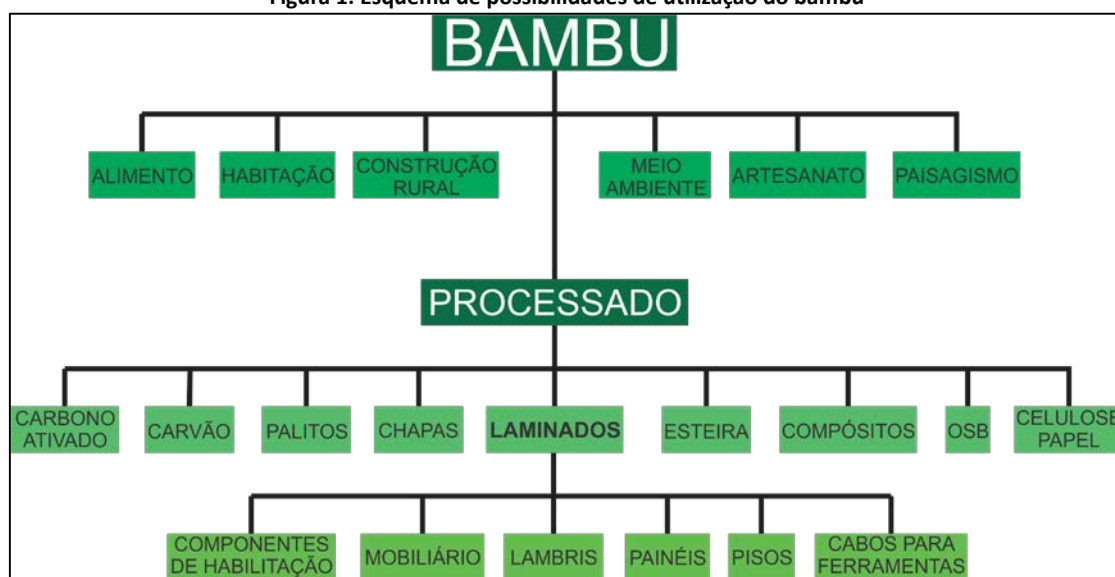
PALABRAS CLAVES: Laminado de Bambú. Producción artesanal. Sostenibilidad.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável tem atraído a atenção da comunidade científica nos últimos anos. É notório saber que em ambientes urbanos, onde está a grande concentração populacional do Planeta, ocorrem vários problemas que decorrem de um desequilíbrio ambiental. Ter uma produção que seja ambientalmente correta, socialmente justa, economicamente viável e culturalmente aceita, é um objetivo amplamente desejável (BARBIERI *et al.*, 2010). A indústria da construção civil – uma das mais poluidoras – busca por alternativas sustentáveis para o processo exploratório e fabril de seus materiais, bem como para o sistema construtivo das edificações.

Em meio a esse quadro, o bambu emerge como material alternativo, recurso renovável, versátil e de baixo impacto ambiental. O Brasil conta com a maior diversidade e o mais alto índice de florestas com exclusividade de espécies de bambu em toda a América Latina – contando com 137 espécies (LONDOÑO, 1998; CASAGRANDE JÚNIOR, 2004). Intitulado, muitas vezes, como a “planta dos mil usos”, este vegetal tem utilização milenar. Na figura 1 são apresentadas algumas possibilidades de usos do bambu.

Figura 1: Esquema de possibilidades de utilização do bambu



Fonte: PEREIRA (2006).

Para Sharma *et al.* (2014), a vantagem de se processar o bambu é ter a possibilidade de criar seções padrão para os elementos estruturais e conexões. O bambu na sua forma natural é um material leve, que pode ser comparável, em resistência, ao aço e ao concreto. Porém, sua aplicação é limitada pela variação de sua seção transversal e propriedades mecânicas.



As pesquisas mais recentes com enfoque de sua utilização na construção civil giram em torno de sua forma processada, na fabricação de vigas e de painéis. Os estudos internacionais têm avançado nos últimos anos com o propósito de criar-se uma normativa a fim de padronizar ensaios e cálculos.

O bambu laminado colado (BLC) é um material compósito fabricado com taliscas retiradas dos colmos de bambu e unidas com adesivo próprio. Desta maneira, o material pode assumir novas geometrias, abrindo um grande leque de usos e aplicações.

Para Pereira e Beraldo (2007), o bambu laminado colado é a aplicação mais promissora do bambu, pois associa a possibilidade de agregar valor à grande quantidade de produtos que podem ser confeccionados com este material, podendo substituir em muitos casos a utilização das madeiras. A utilidade do BLC na composição de peças estruturais faz com que haja a oportunidade de se utilizar um material leve, resistente e com a potencialidade de substituir materiais como a madeira e o aço na composição estrutural de edificações.

Na união das lâminas de bambu podem ser utilizados diversos tipos de adesivos. Dentre os mais utilizados citam-se os adesivos à base de fenol-formaldeído – porém, apresentam prejuízos ambientais, visto que requerem alto consumo de energia por necessitar de altas temperaturas (130 a 160 °C), toxicidade e alto preço do fenol, cuja matéria-prima é o petróleo (REMADE, 2003). Aspirando obter um material sustentável, há a possibilidade de se utilizar adesivos derivados de materiais naturais, como o óleo de mamona.

O desenvolvimento de produtos à base de BLC é muito promissor, tanto pelo fato de ser um produto advindo de material renovável, que poderia aliviar a pressão sobre as florestas, como pela sua estética e ainda pela sua aceitação no mercado internacional.

No Brasil, o processo de obtenção do laminado colado de bambu encontra-se ainda restrito ao nível de pesquisas dentro das universidades, sendo o primeiro relato dos resultados apresentados por CARRASCO *et al.* (1995), durante o V EBRAMEM (Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira). Os autores confeccionaram laminado colado de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, utilizando o mesmo adesivo empregado para madeira laminada e colada. Os autores procuraram seguir as mesmas normas adotadas para a madeira, adaptando-as ao bambu para a confecção dos corpos de prova e para a realização de ensaios.

Para Mahdavi, Clouston e Arwade (2012), quando submetemos o bambu a processos objetivando resolver problemas geométricos e de ligações, surgem outras questões como custo, mão de obra e equipamentos sofisticados. Além disso, o processo adiciona energia incorporada ao produto final, enquanto constrói obstáculos financeiros para a produção de BLC nos países em desenvolvimento.

Presume-se que a limitada fabricação de BLC causa menor disponibilidade no mercado, aumentando a distância entre fornecedor e consumidor, ocasionando maiores encargos com transporte. Os autores acreditam que, se houver uma possibilidade de fabricar BLC com baixa tecnologia, possibilitará a criação de novos produtos de valor agregado em todo o mundo – e

ajudará as comunidades locais, impulsionando o crescimento econômico das nações em desenvolvimento.

O objetivo deste trabalho é estruturar um método artesanal e sustentável para a fabricação de bambu laminado colado. Com o uso de técnicas, equipamentos e materiais comuns, acredita-se ser possível obter um produto facilmente executável, com potencial de inúmeras aplicações – desde adornos na decoração até mesmo parte integrante do sistema estrutural de edificações.

2 METODOLOGIA

Os procedimentos serão apresentados primeiramente pela caracterização dos materiais e, após isso, pelas etapas de fabricação.

2.1 ESCOLHA DA ESPÉCIE DE BAMBU

A escolha da espécie *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante) se justifica pelo grande número de pesquisas comprovando sua viabilidade na fabricação do laminado colado de bambu e suas propriedades físico-mecânicas favoráveis. Na figura 2 pode-se observar o aspecto da touceira dessa espécie.

Figura 2: Touceira de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*)



Fonte: Os Autores (2016).

Pereira e Beraldo (2007) caracterizam essa espécie de bambu como de grande porte e com crescimento entouceirante. Seu colmos tem altura variando de 24 a 40 metros, com diâmetro entre 10 e 20 centímetros, possuindo paredes com espessura de 1 a 3 centímetros. Para seu desenvolvimento, essa espécie tem preferência por solos ricos em nutrientes e regiões tropicais úmidas até regiões subtropicais. Sua distribuição natural ocorre em: Bangladesh; China; Nepal; SriLanka; Tailândia; espécie introduzida nas Filipinas; na Indonésia e na Malásia. O bambu gigante é amplamente utilizado em construções, na confecção de laminado colado, na fabricação de utensílios domésticos, poupa, papel e até mesmo como alimento.

Os colmos utilizados para este trabalho foram colhidos de uma touceira em uma propriedade particular na cidade de Umuarama-PR.

2.2 ESCOLHA DO ADESIVO

Correal e Ramirez (2010) ressaltam que, por mais que haja várias pesquisas sobre o BLC quanto ao seu comportamento mecânico, a grande maioria não leva em conta a influência da quantidade de adesivo empregada – seguem as recomendações dos fabricantes. Ainda segundo os autores, se a resistência de ligação interna de qualquer produto estrutural laminado não é forte o suficiente para garantir a ruptura do substrato (bambu), há possibilidade das lâminas se descolarem – e então, a capacidade estrutural global será imprevisível. Portanto, a quantidade ótima de adesivo é uma importante variável a se determinar – uma vez que ele define não só o desempenho mecânico do BLC, mas também o seu custo.

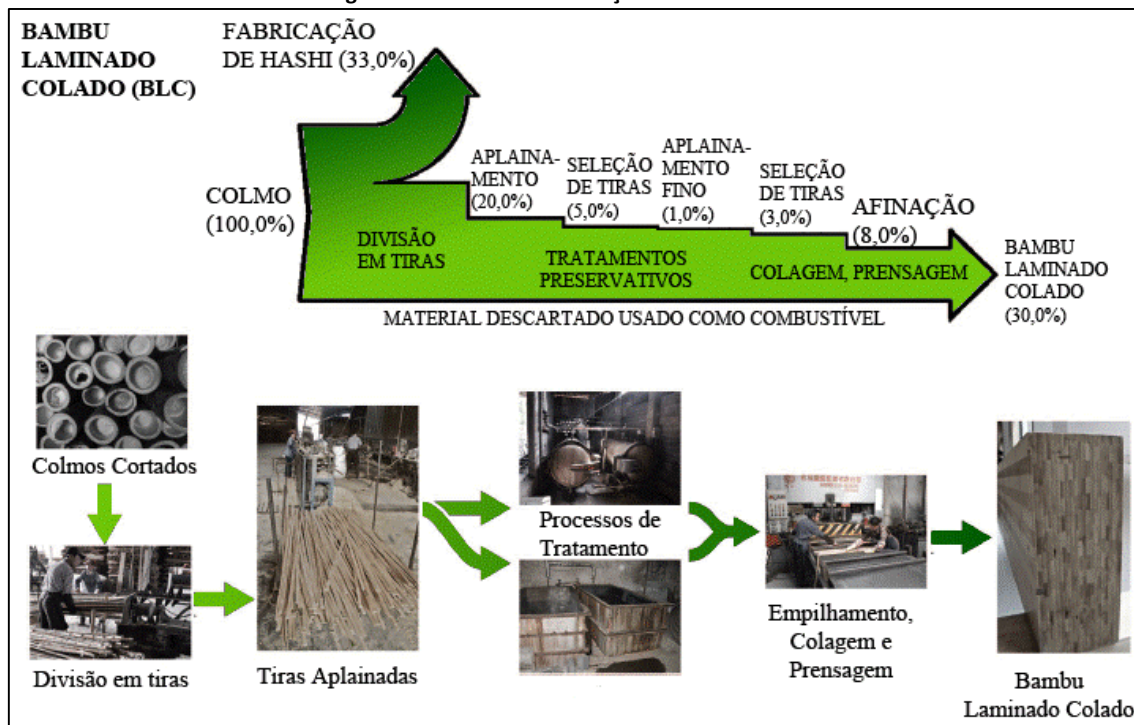
Os adesivos sintéticos, em sua maioria, são tóxicos. Uma das inovações em pesquisa na área de adesivos é um produto alternativo à base de óleo de mamona. O material apresenta boa resistência às intempéries, com baixa emissão de elementos tóxicos. Ensaio preliminares realizados, comparando-o com o adesivo à base de resorcinol-formol (Cascophen), indicaram um bom desempenho para a fabricação de laminado colado de madeira. O adesivo a ser utilizado é um polímero bicomponente, semiflexível e tido como universal, sendo 75% natural de fonte renovável – substituindo os adesivos derivados de petróleo; não contém solventes e não agride a natureza (KEHL, 2016). Ainda, de acordo com a fabricante, sua cura sem calor se dá em três horas e a pós-cura em vinte e quatro horas.

2.3 ETAPAS DE FABRICAÇÃO DO BLC

O processo de fabricação de placas de bambu na China começou na década de 1970 e tem aumentado sua produção por meio da industrialização no processo fabril (GANAPATHY *et al.*, 1999). Como naquele país existe abundância de espécies de bambus, os quais ocorrem em grandes áreas, iniciou-se um processo de incentivo à pesquisa com a finalidade de desenvolvimento de painéis utilizando o bambu. A China lidera na produção e exportação de

produtos à base de bambu, sendo sua exportação destinada principalmente aos países ocidentais e ao Japão (LOBOVIKOV *et al.*, 2007). Segundo Rivero (2003), os painéis mais utilizados e fabricados são: contraplacados, painéis de partículas de bambu e painéis com lâminas de bambu serradas, aplainadas e coladas o laminado colado de bambu, mais conhecido na China como LBL (*Laminated Bamboo Lumber*). Esse material pode ser utilizado na fabricação de painéis divisórios, forros, pisos, molduras, esquadrias, móveis e revestimento. A figura 3 demonstra o processo de produção do bambu laminado colado na China.

Figura 3: Processo de fabricação de BLC na China.



Fonte: Sharma *et al.* (2014).

Percebe-se pelo esquema apresentado na figura 3 que aproximadamente um terço dos colmos colhidos são destinados à fabricação de *hashi*. Em torno de 37% dos colmos se transforma e resíduo nas etapas de fabricação do BLC – que representa apenas 30% do volume total dos colmos. A destinação destes resíduos é o uso para geração de energia dentro das próprias fábricas de BLC.

Dado o exposto e com o enfoque na produção artesanal – tendo a facilitação da fabricação como objetivo – para este trabalho, a produção foi dividida em sete etapas principais: colheita; taliscamento; tratamento preservativo; usinagem das taliscas; preparo do adesivo; colagem e prensagem; e aplainamento final.

3 RESULTADOS

Os resultados obtidos serão divididos entre as etapas de fabricação para melhor compreensão dos processos, suas entradas e saídas.

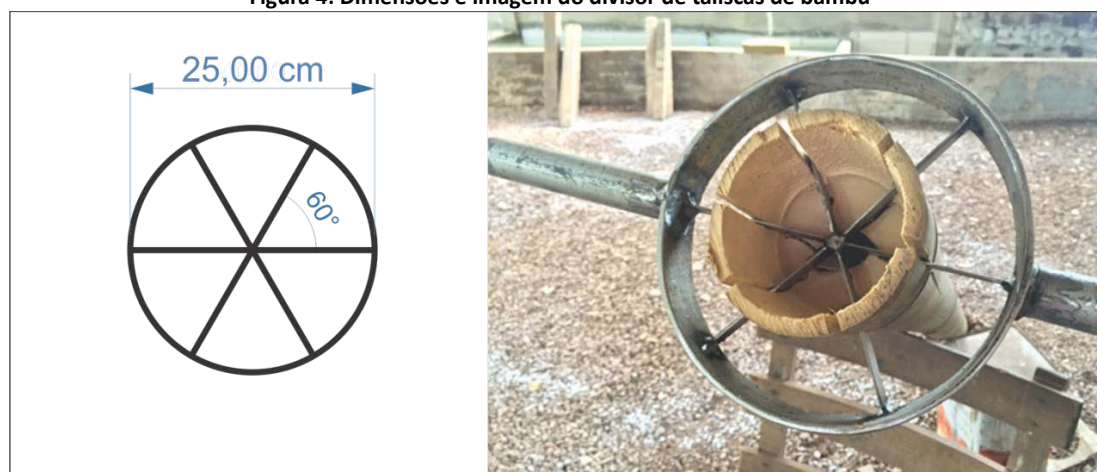
3.1 COLHEITA

Os colmos foram retirados da touceira com o auxílio de um motosserra; para otimizar o transporte desses colmos para o local das próximas etapas, os mesmos foram serrados com tamanho médio de 1,40 m e limpos grosseiramente: retirando galhos, folhas e descartando a ponta do colmo, por possuir parede de espessura muito fina, inviável para produção do BLC. O transporte foi realizado por um veículo utilitário até o local onde foi dado prosseguimento ao processo de fabricação do BLC.

3.2 TALISCAMENTO

Este processo faz parte do preparo do bambu para o tratamento preservativo; nesta etapa, o colmo é dividido em seis partes com a ajuda de uma ferramenta específica para esta função: o divisor de taliscas (Figura 4).

Figura 4: Dimensões e imagem do divisor de taliscas de bambu



Fonte: Os Autores (2017).

As lâminas metálicas, apoiadas nas camadas externas do colmo, são golpeadas com um martelo na direção axial do colmo. Devido à estrutura anatômica do bambu (ausência de raios), essa operação é rápida.

Esta ferramenta não é usualmente utilizada no Brasil, por isso, a mesma foi fabricada com base nas utilizadas em estudos internacionais.

3.3 TRATAMENTO PRESERVATIVO

O tratamento preservativo adotado para esta pesquisa foi de caráter natural (sem a utilização de soluções químicas): imersão em água estagnada. O processo foi realizado em um tanque com dimensões 1,05m (largura) x 1,35m (comprimento) x 0,40m (profundidade) (vide Figura 5), por um período de vinte e oito dias, para que a concentração do amido seja reduzida/eliminada, provocado pela fermentação.

Figura 5: Taliscas de bambu dispostas em reservatório para tratamento preservativo



Fonte: Os Autores (2017).

A água utilizada para o tratamento é potável e foi fornecida pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR. Durante o período de tratamento, o tanque foi coberto com lona plástica e observado para que fosse evitado o risco de desenvolvimento de larvas e insetos. Como relatado por Rivero (2003), houve a necessidade de troca da água. Porém, as trocas foram realizadas a cada sete dias.

Após o tratamento de imersão, as taliscas foram retiradas do tanque e secas ao ar por sete dias em um ambiente coberto – onde as mesmas ficaram protegidas das intempéries.

3.4 USINAGEM DAS TALISCAS

Depois de secas, as taliscas passaram por beneficiamento em uma plaina, onde foram removidos parte do diafragma, uma parte da camada interna e a camada da casca. Isso é necessário visto

que as taliscas precisam tomar formato retangular e eliminar as partes “moles” (interna do colmo) e impermeáveis (casca do colmo), conforme a Figura 6.

Figura 6: Taliscas de bambu usinadas



Fonte: Os Autores (2017).

As dimensões das taliscas usinadas foram aproximadamente 0,5 x 2,0 x 35,0 cm (espessura x largura x comprimento). Após a usinagem, as taliscas foram limpas com uma escova de cerdas de *nylon*.

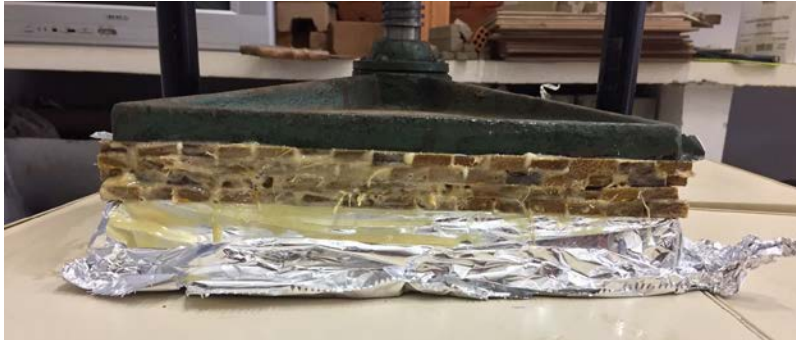
3.5 PREPARO DO ADESIVO

Com o objetivo de se produzir um material sustentável, foi escolhido o adesivo bicomponente de poliuretano à base de óleo de mamona (AG201), produzido pela Kehl Indústria e Comércio Ltda. Esse tipo de adesivo não possui componentes tóxicos. Seu preparo foi realizado segundo as instruções do fabricante: uma mistura na proporção 1:2 do Componente A para o Componente B durante dois minutos (KEHL, 2017).

3.6 COLAGEM E PRENSAGEM

As lâminas foram coladas atentando-se em posicionar os nós de maneira desencontrada, para que não se criem pontos de fragilidade nas peças. Ainda é importante ressaltar que as taliscas foram alternadas quanto à face interna e externa, visto que se duas faces internas forem posicionadas juntas, o corpo-de-prova pode ficar vulnerável neste ponto. A Figura 7 mostra as taliscas coladas. A prensa foi envolta com papel alumínio para que as taliscas não fossem coladas no dispositivo.

Figura 7: Taliscas coladas na prensa manual



Fonte: Os Autores (2017).

Quanto à prensagem, para facilitar o processo, foi utilizada uma prensa manual, em que o controle do torque no parafuso (20 kgf.m) foi realizado por meio de um torquímetro com relógio da marca Gedore. As lâminas coladas foram colocadas no dispositivo de prensagem e ficaram prensadas por 3 horas (cura); e após isso, desformadas 24 horas depois (pós-cura).

3.7 APLAINAMENTO FINAL

Após a pós-cura do adesivo, o BLC está pronto para o aplainamento final e/ou demais beneficiamentos. A partir desta fase, a finalidade da peça que definirá qual processo ou tratamento o material deverá ser submetido.

4 CONCLUSÃO

O BLC tem se mostrado um material muito versátil em seu uso como material de construção, principalmente quanto ao seu uso como revestimentos de parede, forro e/ou pisos. Este material possui um intenso apelo estético, proporcionando uma desmistificação e diminuição na rejeição de sua especificação por arquitetos e *designers* em edificações. Ademais, verificou-se que o método de fabricação proposto manteve o caráter sustentável do material, além de fornecer bases para estudos futuros quanto à melhoria de seu processo produtivo.

AGRADECIMENTO

À Universidade Estadual de Maringá (UEM), Campus de Umuarama pela disponibilidade do espaço para confecção do BLC e à Kehl Química Ltda. pelo fornecimento do adesivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIERI, J. C. *et al.* Inovação e Sustentabilidade: Novos Modelos e Proposições. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, v. 50, n. 2, p.146-154, 2010.

CARRASCO, E. V. M.; MOREIRA, L. E.; XAVIER, P. V. Bambu laminado e colado. In: V ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. EBRAMEM. **Anais...** Belo Horizonte, 1995.

CASAGRANDE JÚNIOR, E. F. Inovação tecnológica e sustentabilidade: possíveis ferramentas para uma necessária interface. **Educação & Tecnologia**, Curitiba, v. 8, p. 97-109, 2004.

CORREAL, J.F.; RAMIREZ, F. Adhesive Bond performance in glue in line shear and bending for glued laminated Guadua bamboo. **Journal of Tropical Forest Science**, v.22, p. 433-439, 2010.

GANAPATHY, P. M. *et al.* **Bamboo Panel Boards a State-of-the-Art Review**. International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, China, Technical Report No. 12, 1999.

KEHL. **Aglomerantes**. Disponível em: < http://www.kehl.ind.br/catalogos/KEHL_-_Aglomerante_1.pdf>. Acesso em 03 Set. 2017.

KEHL. **Catálogo Geral**. Disponível em: <<http://www.kehl.ind.br/catalogos/KEHL%20-%20Catalogo%20Geral%20-%20BR.pdf>>. Acesso em 29 Dez. 2016.

LOBOVIKOV, M. *et al.* **World Bamboo Resources: A Thematic Study Prepared in the Framework of the Global Forest Resources Assessment 2005**. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome, Italy, 2007.

LONDOÑO, X. P. Evaluation of bamboo resources in Latin America. **A Summary of the Final Report of Project**, n. 96-8300, p. 01-4, 1998.

MAHDAVI, M.; CLOUSTON, P.L.; ARWADE, S.R. A low-technology approach toward fabrication of Laminated Bamboo Lumber. **Construction and Building Materials**, v. 29, p.257-262, Abr. 2012.

PEREIRA, M. A. R. **Projeto bambu: manejo e produção do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) cultivado na Unesp/Campus de Bauru e determinação de suas características físicas e de resistência mecânica**. Relatório Fafesp (20003/04323-7), 2006.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru: Canal 6, 2007. 240p.

REMADE. Adesivos. **Revista da Madeira**; n. 72, 2003.

RIVERO, L. A. **Laminado colado e contraplacado de bambu**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SHARMA, B. *et al.* Engineered bamboo: state of the art. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Construction Materials**, v. 168, n.2, p. 57-67, 2014.