

Aproveitamento de resíduos na produção de chapas recompostas

Waste recovery in the production of blended plates

Grégory Adad Kravchenko¹, Evaldo de Melo Ferreira² e Antônio Pasqualetto³

¹Mestre, Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO, Brasil

²Especialista, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Resumo

As tecnologias de produção limpa são ferramentas úteis para a gestão ambiental de resíduos, minimizando os aspectos geradores de impactos negativos sobre o meio ambiente. O bambu possui propriedades relevantes para a fabricação de produtos, possibilita a substituição de madeiras convencionais em várias aplicações e pode ser todo aproveitado. O subproduto resultante do seu beneficiamento como aparas e serragens, pode ser utilizado para a produção de chapas aglomeradas. Este trabalho apresenta uma pesquisa para o desenvolvimento de chapas recompostas utilizando resíduos de bambu coletados por exaustor acoplado a uma plaina de quatro faces convencional, máquina utilizada em marcenaria responsável pela padronização de ripas de bambu durante a fabricação de bambu laminado. Para comprovar a trabalhabilidade da chapa recomposta desenvolvida, foram realizados testes práticos em uma marcenaria convencional, utilizando operações de corte em serra circular radial, plaina desempenadeira, plaina desengrossadeira, circular esquadrejadeira, furadeira, tupa, lixadeira e ainda teste de aquário, onde se observou a capacidade hidrofóbica dos adesivos utilizados. Os resultados demonstraram a possibilidade de ser aplicado na construção civil, em artigos de decoração, em embalagens e na indústria moveleira, além de reduzir o volume de resíduos sólidos descartados no meio ambiente.

Palavras-chave: Engenharia de Produção; gestão ambiental; reciclagem de resíduos sólidos.

Abstract

The clean production technologies are useful tools for environmental management of waste, minimizing the aspects generating negative impacts on the environment. The bamboo has properties relevant to the manufacture of products, enables the replacement of conventional wood in various applications and can all be used. The byproduct resulting from its processing as chips and sawdust, can be used for the production of particleboard. This work provides a research for developing sheets of bamboo blended using waste collected by exhaust coupled to a conventional four-sided planing machine used in woodworking responsible for the standardization of bamboo slats during manufacturing laminated bamboo. To prove the workability of the plate recomposed developed, tests were performed in a practical joinery using conventional operations: radial cutting circular saw, planer trowel, Thicknesser planer, circular sizing, drill, router, sander and still test aquarium, where observed hydrophobicity of the adhesives used. The results demonstrated the ability to be applied in construction, in home furnishings, packaging and furniture industries, as well as reducing the volume of solid waste disposed in the environment.

Keywords: Production engineering; environmental management; recycling of solid waste.

1 Introdução

Seguindo a tendência global pela busca de produtos e processos ambientalmente sustentáveis, indústrias têm investido na pesquisa e desenvolvimento de novas matérias-primas naturais para serem utilizadas como cargas de reforço em matrizes poliméricas destinadas às aplicações de engenharia, por exemplo (RZATKI & BARRA, 2014). Com características físico-mecânicas adequadas, o bambu (*Dendrocalamus giganteus*) é uma importante alternativa de matéria prima para a indústria moveleira.

O bambu laminado é formado basicamente por um conjunto de camadas, em que após processadas formam o que pode ser utilizado na fabricação de móveis, de revestimentos, na confecção de utensílios domésticos e artigos de decoração. Durante o processo de fabricação do bambu laminado, suas camadas internas e externas são retiradas com equipamento especialmente projetado para esse fim (NOGUEIRA, 2008).

Resultante do processo produtivo das placas do bambu laminado tem-se um grande volume de aparas, sobras, serragens e resíduos em geral, correspondendo a aproximadamente 40% (quarenta por cento) de toda a massa vegetal da planta. Essas sobras servem para a produção de chapas recompostas, que podem concorrer com produtos em comercialização, como o OSB (*Oriented Strand Board*) ou mesmo o MDF (*Medium Density Fiberboard*), pois possuem características similares e consequentemente aplicações concorrentes, com utilização na construção civil, no mercado moveleiro, decoração, fôrmas diversas e painéis de isolamento ou estruturais. Segundo Lima Junior & Dias (2001, p. 519):

O bambu é um material vegetal cujas propriedades mecânicas indicam grande potencial a ser explorado pela engenharia. A planta apresenta longos colmos, ocos no interior, os quais são fechados a intervalos mais ou menos regulares, por um diafragma nas regiões dos nós; suas paredes têm excelente resistência à tração e à compressão, comparáveis às mais nobres madeiras ressaltando-se, ainda, seu baixo peso específico, da ordem de 8,5 kN m⁻³.

Por apresentar boas características físico-mecânicas, baixo custo, facilidade de obtenção e trabalhabilidade, vem sendo largamente utilizado, como material de construção em países asiáticos, e em alguns da América Latina, substituindo com eficiência certas espécies de madeira (PAES et al., 2009). De acordo com Caeiro (2010, p. 1):

O bambu surge hoje como uma solução para o futuro, amigável para o homem e para a natureza, onde há que preservar recursos naturais que estão em colapso. Sendo utilizado em pontes, casas, monumentos, estruturas efêmeras, mobiliário, papel, biodiesel, fertilizantes, sustentação de barrancos e alimento.

O tipo vegetal escolhido foi o bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) e que juntamente com o adesivo são os materiais constituintes das chapas recompostas, sendo esta espécie escolhida por possuir boas propriedades físico-mecânicas e parede do colmo espessa (PAES et al., 2009), com excelentes características para a fabricação de chapas. Lopes et al., (2002, p. 505) relatam que:

Dentre as espécies mais utilizadas, no setor da construção civil, destaca-se o *Dendrocalamus giganteus*, que apresenta rápido crescimento e resistência mecânica considerável. Esta espécie, de origem asiática, é encontrada em quase todas as regiões do Brasil, sendo mencionada como uma das maiores existentes no mundo.

A técnica utilizada neste estudo reduz o volume de resíduos sólidos destinado a aterros sanitários, agrega valor monetário ao produto final e possibilita um novo material para concorrer com outros existentes no mercado. Segundo a Lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010: “a reciclagem é definida como processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas [...]”.

Visando a redução de desperdícios, e buscando a produção sustentável, métodos alternativos de utilização de matérias primas, provenientes de resíduos se acentuaram e uma das respostas para esse problema, é a produção de chapas de partículas aglomeradas (CARVALHO et al., 2006). De acordo com Marinho et al (2013, p. 1391): “A fibra de bambu gigante tem potencial para a produção de MDF [...]”.

A pesquisa sobre a utilização de resíduos de bambu na fabricação de chapas aglomeradas recompostas pretende utilizar o grande volume de subprodutos gerados pela indústria de chapas laminadas de bambu e introduzir um novo produto no mercado, com o uso de resíduos como matéria prima pré-beneficiada, eliminando etapas no processo produtivo e reduzindo custos operacionais para o desenvolvimento. Neste trabalho objetivou-se avaliar a aplicação de sobras do bambu na produção de chapas recompostas, o que reduz o volume de resíduos sólidos e auxilia na promoção da sustentabilidade ambiental.

2 Metodologia

O processo de fabricação das chapas de bambu laminado pode ser resumido no desfolhamento da planta e limpeza geral para a retirada de partes indesejadas, corte em plaina de quatro faces, corte para o acabamento, colagem das partes e por último o acabamento que definirá onde este material poderá ser aplicado. No estudo macro, o laminado de bambu teve como aplicação, painéis para utilização na indústria moveleira, mas pode ser utilizado como substituto direto da madeira convencional, aceitando acabamentos diversos, de acordo com a aplicação.

Proveniente da etapa de desbaste para padronização das ripas surgem às sobras, aparas e serragem. Para a geração do aglomerado de bambu, o material é recolhido através de um sistema de exaustão acoplado a plaina de quatro faces (Figura 1), onde após esta etapa é prensado juntamente com cola. Os dois tipos de cola utilizados foram o Acetato de Polivinila (PVA) e o Poliuretano.

Figura 1 – Sistema de exaustão acoplado a plaina moduladeira de quatro faces utilizada no corte de aparas do bambu. Fonte: Autor (2012).



As partículas de bambu para o desenvolvimento das placas recompostas, foram obtidas no sistema exaustor da plaina moldureira quatro faces, máquina responsável por padronizar as dimensões das ripas durante o processamento industrial para a fabricação da chapa de bambu laminado. A escolha desta forma para obtenção das partículas ocorreu pela simplicidade, pois a máquina já possui sistema de coleta e os cavacos ficam com dimensão próxima a necessitada, eliminando o processo necessário que o picador de cavacos realiza. Foi utilizado bambu seco, livre de ramos e folhas.

Após a coleta, as partículas foram selecionadas através de peneira grossa, espessuras compreendidas entre cinco mm e 0,2 mm, apresentaram presença de fungos, porém livre de carunchos devido o tratamento prévio com borato de cobre cromatado (preservativo óxido hidrossolúvel) de ação fungicida e inseticida. Pode-se utilizar, também, os pedaços de bambu que foram descartados em ripas, necessitando passar por um triturador ou desintegrador agrícola dotado de peneira metálica, fornecendo partículas delgadas, com distribuição de tamanhos variados.

Foram confeccionadas duas chapas de 30 cm x 30 cm utilizando aglomerantes diferentes, a primeira com adesivo de poliuretano derivado do óleo de mamona. O poliuretano é apresentado na forma bi componente composta de um polioliol e um pré-polímero. O polioliol foi sintetizado a partir do óleo de mamona, um poliéster tri funcional.

O pré-polímero foi obtido a partir do difenilmetano diisocianato (MDI) e pré-polymerizado com polioliol, mantendo uma percentagem de isocianato e hidroxila sem reagir para posterior reação. As amostras foram preparadas com a adição do pré-polímero e polioliol com a proporção de um para um em peso.

O segundo adesivo com base PVA tipo extra, foi utilizado na proporção de 30% de adesivo e 70% de água como diluente. Com a reunião de todos os materiais nas quantidades necessárias, realizou-se a mistura da resina poliuretânica de mamona do pré-polímero e o polioliol, adicionando posteriormente às partículas de bambu e efetuando a mistura manualmente, durante aproximadamente 10 minutos, até conseguir a homogeneidade pretendida.

Foi utilizada a mistura com o adesivo PVA, respeitando a proporção de 30% adesivo e 70% água como diluente, e posterior mistura manual. Após esta etapa aconteceu a formação do colchão a partir de um volume de partículas aglomeradas, por meio de uma pré-prensagem manual a frio. O processo foi realizado com o auxílio de uma formadora de colchão, que se constitui de uma caixa de madeira, sem tampa e sem fundo, com base de dimensões iguais as das chapas, ou seja, 30 cm x 30 cm. Processo ocorrido para ambos adesivos.

O colchão de partículas foi depositado entre placas metálicas e exercida pressão, utilizando uma máquina tipo prensa de parafuso manual de marcenaria, protegendo a parte superior e inferior com papel craft, evitando que a chapa aderisse às partes metálicas.

O acabamento foi feito após a retirada das peças da prensa, posterior secagem natural de 24 horas, onde as chapas foram submetidas a acabamento no desengrosso e lixadas, para garantir a regularidade. As imagens a seguir são exemplos de placa adesivo PVA (Figura 2) e placa adesivo poliuretânico (Figura 3).

Figura 2 – Chapa recomposta de bambu fabricada com adesivo PVA. Fonte: Autor (2012).



Figura 3 – Chapa recomposta de bambu fabricada com adesivo poliuretânico. Fonte: Autor (2012).



As chapas foram submetidas à testes em comparação ao padrão de mercado, sendo atribuída avaliação: “-” Pior que o de referência de mercado; “+” Melhor que o de referência de mercado e “=” Igual o de referência de mercado.

3 Resultados e discussão

Como dito anteriormente, a intensificação das questões ambientais trouxe pesquisas envolvendo o emprego de polímeros biodegradáveis como substitutos dos polímeros sintéticos convencionais, assim como o uso de fibras naturais (MACHADO et al., 2010). De acordo com Ferreira & Cruvinel (2014, p. 3785): “A gestão de resíduos deve ter como objetivo a promoção da sustentabilidade econômica das operações, preservando o meio natural, a qualidade de vida da população e contribuindo para a solução dos aspectos sociais envolvidos [...]”. Na tabela a seguir (Tabela 1) pode-se ver uma comparação de desempenho entre o padrão de mercado de produtos comerciais similares aos desenvolvidos no presente estudo.

Tabela 1 – Comparação do desempenho dos diferentes materiais utilizados no estudo.

	Aglomerado Poliuretânico x Placa tipo MDF	Aglomerado PVA x Placa tipo OSB
<i>Corte em Serra</i>	= ⁽¹⁾	=
<i>Circular Radial</i>	=	=
<i>Plaina Desempenadeira</i>	+ ⁽²⁾	+
<i>Plaina Desengrossadeira</i>	+	+
<i>Circular Esquadrejadeira</i>	=	=
<i>Furadeira</i>	=	-
<i>Tupia</i>	- ⁽³⁾	+
<i>Lixadeira</i>	-	-
<i>Teste de aquario</i>	+	-

Onde: (1) - Pior que o de referência de mercado;

(2) + Melhor que o de referência de mercado;

(3) = Igual o de referência de mercado.

As placas de MDF são painéis derivados da madeira que podem ser aplicados em produtos como móveis, em isolamento de canteiros de obras e divisão de ambientes. Sendo as placas OSB, também um derivado da madeira. O OSB é um painel estrutural de tiras de madeira orientadas perpendicularmente, em diversas camadas, o que aumenta sua resistência mecânica e rigidez.

Essas tiras são unidas com resinas aplicadas sob altas temperatura e pressão. As principais aplicações do OSB permitem usos como, paredes e tetos, base de pisos para aplicação de carpetes, pisos de madeira, ladrilhos, tapumes e barracões de obras, carrocerias, embalagens, estrutura de móveis, decoração e design (MASISA DO BRASIL LTDA, 2014).

As chapas recompostas podem ser úteis em obras de construção civil para o isolamento de canteiros, na forma de tapumes, na formação de bandejões (Figura 4), utilizado como formas de concretagem, escoras ou ainda contenções, por exemplo.

Figura 4 – Em destaque vermelho, bandeijões utilizados como Equipamento de Proteção Coletiva (EPC) em obra. Fonte: Autor (2012).



Foram realizadas análises por meio de testes operacionais dos produtos resultantes, para quais os adesivos mais apropriados apresentaram resistência à utilização abrasiva no funcionamento real, além de garantir o uso nas possíveis aplicações do material pós-processos industriais, bem como conceitos de utilização.

Os dois tipos de placas obtidos com as sobras de bambu foram submetidos a oito testes operacionais práticos de marcenaria convencionais, sendo estes: corte em serra circular radial, plaina desempenadeira, plaina desengrossadeira, circular esquadrejadeira, furadeira, tupia, lixadeira e teste de aquário, para avaliar qual adesivo resiste melhor a água.

Os resultados foram satisfatórios com total aprovação de uso, constituindo o processo inicial de avaliação para a utilização e trabalhabilidade das chapas e mostrando a eficiência do composto. Devido a sua grande versatilidade, o bambu possui diversas opções para aplicação, uma delas é a utilização de sua fibra vegetal, na produção de cimentos. Segundo Anjos et al., (2003, p. 340) “países como Suécia e Holanda, têm investido bastante em pesquisas em que se utilizam compósitos, reforçados com matéria-prima vegetal. O interesse está na busca de um material de baixo consumo de energia e amigável ao ambiente”. Neste trabalho os compósitos de bambu são uma mistura de cola e restos de lenha vegetal.

No teste de resistência a água, a chapa de adesivo PU (Poliuretânico) apresentou satisfação de desempenho, com variação dimensional desprezível. A chapa feita com base em adesivo PVA comprovou a baixa resistência a umidade direta, iniciando degradação em apenas algumas horas, devendo assim ser utilizado somente em aplicações secas. Em estudo similar Melo et al., afirma (2014, p. 685): “A utilização de partículas de bambu foi provada como promissora para a produção de aglomerados, não só para aqueles feitos exclusivamente com partículas de bambu, mas também através da combinação com as partículas de madeira.”

Entre as vantagens da confecção de chapas recompostas provenientes dos restos de bambu, está a redução no volume de sobras e aparas destinadas a aterros sanitários, ou mesmo lixões, sendo estes resíduos resultantes da indústria moveleira utilizadora do vegetal.

A investigação técnico-científica realizada possui aspectos que vem para impactar positivamente toda a cadeia produtiva de chapas recompostas, proporcionando a entrada de uma nova tecnologia, com propriedades físico-mecânicas comparáveis com as encontradas no mercado atual, além da geração de novos empregos.

4 Conclusões

É viável a aplicação de sobras de bambu na produção de chapas recompostas. A tecnologia apresentada é um bom exemplo para a promoção da produção limpa em atividades que utilizam a madeira, independentemente do tipo utilizado. A utilização do bambu em processos de fabricação de produtos diversos, é uma opção ambientalmente correta, reduzindo o consumo de matérias-primas como madeira virgem, sendo estas em grande parte de origem ilegal.

As placas aglomeradas recompostas de bambu se mostraram viáveis do ponto de vista produtivo e funcional de operação. Para futuras pesquisas, recomenda-se avaliar os aspectos econômicos, o mercado e os concorrentes para aplicações práticas na indústria da construção civil, de móveis, decoração e embalagem. Aconselha-se também que seja feita outras análises operacionais, sendo essencial nesta investigação, a existência de normas que tratem de forma mais específica das chapas recompostas.

5 Referências bibliográficas

- ANJOS, M. A. S; GHAVAMI, K; BARBOSA, N. P. Compósitos à base de cimento reforçados com polpa celulósica de bambu. Parte I: Determinação do teor de reforço ótimo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, vol. 7, n. 2, p. 339-345, May/Aug. 2003.
- BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 20 jul. 2014.
- CAEIRO, J. G. B. M. **Construção em bambu**. 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Lisboa: Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa. 157p.
- CARVALHO, M. R. O; VALLARELI, I. D. D; VISNARDI, O. C., 2006. **Avaliação do comportamento das chapas aglomeradas de bambu e Pinus em relação ao teor de umidade, absorção de água e inchamento em espessura**. Universidade do Estado de São Paulo.
- FERREIRA, E. M & CRUVINEL, K. A. S. Utilização do gesso de entulho na produção de cimento. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, vol. 10, n. 18, p. 3783-3793, jul. 2014.
- LIMA JR, H. C & DIAS, A. A. Vigas mistas de madeira de reflorestamento e bambu laminado colado: análise teórica e experimental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, vol. 5, n. 3, p. 519-524, Sept./Dec. 2001.
- LOPES, W. G. R; FREIRE, W. J; FERREIRA, G. C. S. Ensaio de arrancamento e de empuxamento aplicados a taliscas de bambu encravadas em corpos-de-prova de solo-cimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, vol. 6, n. 3, p. 504-510, Sept./Dec. 2002.
- MACHADO, M. L; PEREIRA, N. C; MIRANDA, L. F.; TERENCE, M. C; PRADELLA, J. G. C. Estudo das propriedades mecânicas e térmicas do polímero Poli-3-hidroxitirato (PHB) e de compósitos PHB/pó de madeira. **Polímeros**, São Carlos, vol. 20, n. 1, p. 65-71, 2010 Epub 12-Mar-2010.
- MARINHO, N. P; NASCIMENTO, E. M; NISGOSKI, S; VALARELLI, I. D. Some physical and mechanical properties of medium-density fiberboard made from giant bamboo. **Materials Research**, São Carlos, vol. 16, n. 6, p. 1398-1404, nov./dez. 2013 Epub 02-Ago-2013.

- MASISA DO BRASIL LTDA. **Madeiras**. Disponível em: <<http://www.masisa.com/bra/>>. Acesso em: 20 jul. 2014.
- MELO, R. R; STANGERLIN, D. M; SANTANA, R. R. C; PEDROSA, T. D. Physical and mechanical properties of particleboard manufactured from wood, bamboo and rice husk. **Materials Research**, São Carlos, vol. 17, n. 3, p. 682-686, maio/jun. 2014 Epub 09-Maio-2014.
- NOGUEIRA, C. L. **Painel de bambu laminado colado estrutural**. 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais). São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 92p.
- PAES, J. B; OLIVEIRA, A. K. F; OLIVEIRA, E; LIMA, C.R. Caracterização físico-mecânica do laminado colado de bambu. **Ciência Florestal**, Santa Maria, vol. 19, n. 1, p. 41-51, jan.-mar., 2009.
- RZATKI, F, D & BARRA, G. M. O. Efeito da modificação de superfície de fibras nas propriedades mecânicas de compósitos a base de poli (tereftalato de butileno) reforçado por fibras naturais inorgânicas. **Polímeros**, São Carlos, vol. 24, n. 3, p. 344-350, maio/jun. 2014 Epub 09-Maio-2014.