Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida de Painéis Obtidos a Partir da Casca de Coco Verde

FREIRE, A. L. F. [a,c*], FIGUEIRÊDO, M. C. B [b], ROSA, M. F. [b.] ARAÚJO JÚNIOR, C. P.[c]

a. Universidade Estadual do Ceará, Ceará

b. Embrapa Agroindústria Tropical, Ceará

c. Universidade Federal do Ceará, Ceará

**Corresponding author, feitoza_ana@hotmail.com*

Resumo

Esse trabalho avalia o impacto ambiental do painel de casca de coco, com dimensões de 11 cm x 11 cm x 5 mm com massa de 0,071 kg e densidade de 1,29 g/cm^3, considerando o seu ciclo de vida. O sistema de produto compreende os processos: abertura do coco, processamento da casca, transporte da matéria prima (pó e fibra), produção de energia e produção do painel. A produção do painel é um macroprocesso composto pelos seguintes processos unitários: peneiramento do pó e secagem em estufa, moagem da fibra, secagem da fibra em estufa, e prensagem do painel. Os impactos foram avaliados pelo método CML (2001), para as categorias: depleção de recursos abióticos, acidificação, eutrofização, aquecimento global, depleção da camada de ozônio e toxicidade humana. Os resultados apontaram a prensagem do painel como a maior contribuidora às categorias de impacto analisadas. A produção de energia elétrica requerida na prensagem é responsável por esses impactos. O beneficiamento da casca contribuiu com 71% para a categoria eutrofização, dada à alta carga orgânica dos efluentes gerados. O transporte contribuiu com 18,9% dos impactos para as categorias acidificação e depleção de recursos abióticos devido a operação do caminhão e o uso de combustíveis. Os resultados apontam três pontos críticos: Consumo de energia na etapa de prensagem do painel, transporte da matéria prima e os efluentes gerados na etapa de beneficiamento da casca. Para melhorar o desempenho ambiental do painel sugere-se avaliar: i) redução do consumo de energia na prensagem, ii) e avaliação do reuso efluentes na irrigação de plantas.

Palavras-chave: *avaliação do ciclo de vida (ACV), impacto ambiental, painel de casca de coco verde.*

1. Introdução

Painéis de fibras são fabricados usualmente utilizando fibras de madeiras de florestas plantadas de pinus ou eucalipto (PIEKARSKI, 2013). Os painéis em geral, surgiram para suprir a demanda gerada pela escassez de madeira maciça e pelo seu alto custo.

Existem dois tipos de painéis, os que são fabricados com madeira reconstituída e os que são feitos com madeira processada mecanicamente (MATTOS, et. al. 2008). Os painéis de madeira processada mecanicamente são formados por lâminas ou sarrafos de madeira, tendo como exemplo compensados e laminados. Já os painéis reconstituídos são feitos com fibras ou partículas de madeira reconstituída, tendo como principais representantes o aglomerado/MDP (Medium Density Particleboard), o MDF

(Medium Density Fiberboard) (SILVA, 2012), o HDF (High Density Fiberboard) e o SDF (Super Density Fiberboard). O HDF e o SDF apresentam maior densidade e por isso tem menor espessura (MATTOS, et. al. 2008). Fazem parte ainda desta categoria, outros tipos de compósitos, como os de madeira-plástica e outros obtidos de materiais lignocelulósicos (SILVA, 2012).

Segundo Mattos, et. al. (2008), o mercado de painéis no Brasil tem crescido consideravelmente nos últimos anos e a tendência é que prospere ainda mais, pois tem sido uma alternativa para substituição da madeira maciça. As indústrias brasileiras de Painéis aglomerados/MDP, MDF e seus correlatos HDF e SDF, utilizam, preferencialmente, cavacos de madeira de florestas plantadas de pinus e eucalipto. Essa matéria prima confere uma maior qualidade ao produto, como cor e uniformidade (MATTOS, et. al. 2008), sendo aglomerada em condições estabelecidas de temperatura e pressão.

No entanto, novos painéis reconstituídos estão sendo desenvolvidos utilizando fibras vegetais provenientes de resíduos da agroindústria, como a casca de coco verde, podendo ser mais uma opção sustentável de redução do uso de madeira e resinas sintéticas. A produção de painéis obtidos a partir da casca de coco verde possibilita a destinação correta dessa biomassa, ainda disposta como resíduo por muitas indústrias de água de coco. Dessa forma, as cascas de coco verde, deixam de ser um problema na área de resíduos sólidos urbanos, podendo tornar-se uma solução inteligente, sustentável e economicamente viável.

Este trabalho avalia o impacto ambiental do painel de fibras elaborado a partir da casca de coco verde, numa abordagem do berço ao portão. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) desse produto possibilita identificar os possíveis impactos relacionados ao ciclo de vida desse novo produto para que ações de redução de impactos possam ser definidas e adotadas antes do escalonamento de sua produção e difusão da tecnologia para o setor agroindustrial. Essa avaliação aponta qual etapa do ciclo de vida do produto é a maior responsável pelos impactos e quais consumos e emissões devem ser reduzidos.

1.1. Painel de Casca de Coco Verde (PCCV)

O PCCV foi desenvolvido na Embrapa Agroindústria Tropical. O PCCV é um painel lignocelulósico que utiliza como matérias-primas o pó e a fibra provenientes do beneficiamento da casca de coco verde, sem o uso de resinas sintéticas ou outros aditivos (ARAÚJO JÚNIOR, 2009).

As principais especificações físicas e mecânicas do PCCV são apresentadas no quadro 1.

Composição	Temperatura de prensagem (°C)	Espessura (mm)	Densidade Kg/m³	Absorção de água (%)		Espessura de inchamento (%)		Módulo de Elasticidade (MOE) MPa	Módulo de Ruptura (MOR) MPa
				2 hs	24 hs	2 hs	24 hs		
70% pó 30% fibra	220º	5	1297	13	27	8	20	2323	16,6

Quadro 1: Especificações físicas e mecânicas do painel de CCV.

Fonte: adaptado de Araújo Júnior, (2014).

A relevância da produção deste painel se deve ao potencial de reciclar a casca de coco verde que é renovável e abundante (ARAÚJO JÚNIOR, 2014), além de poder ser uma opção sustentável para redução do uso de madeira e resinas sintéticas. A produção de PCCV possibilita ainda dar uma melhor destinação à casca de coco, um resíduo volumoso e que disposto de forma inadequada contribui com as emissões de gases de efeito estufa.

Estes painéis apresentam superfícies lisas e coloração que varia de marrom claro a marrom escuro. O PCCV possui densidade superior a 800 kg/m^3 (ARAÚJO, JÚNIOR, 2014), sendo, portanto um HDF segundo a classificação da ABNT 15316-1:2006.

O painel HDF possui ótimas condições de usinagem e acabamento. Estes painéis podem ser utilizados na indústria de móveis, em acabamentos de portas, tampos e fundos de gavetas, armários, estantes, dentre outros. Além de painéis de isolamentos térmicos e acústicos.

2. Metodologia

2.1. Escopo do estudo, unidade funcional e critério de alocação.

A ACV do PCCV é realizada seguindo os passos identificados pela norma NBR ISO 14044 (2009).

A fronteira do estudo compreende os seguintes processos unitários: processamento da casca de coco verde, transporte da matéria prima e o macro processo de produção do PCCV. Esse macroprocesso compreende os seguintes processos unitários: peneiramento do pó e secagem em estufa, moagem da fibra, secagem da fibra em estufa e prensagem do painel (figura 1).

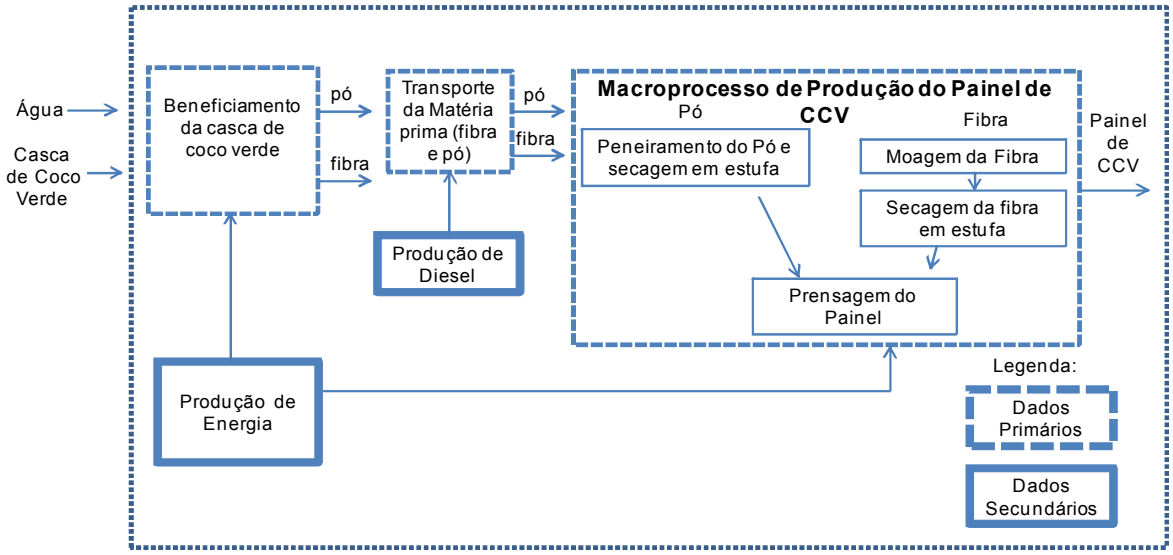

Fig. 1: Sistema de produto

A unidade funcional adotada é um painel com dimensões de 11 cm x 11 cm x 5 mm, massa de 0,071 kg, que mede 0,0000605 m^3 e tem densidade de 1,29 g/cm^3. Adota-se o critério de alocação mássica no processo de beneficiamento da casca de coco que gera pó e fibra. O percentual de alocação para o pó é de 74% e para a fibra, de 24%.

2.2. Inventário dos dados

Os dados que envolvem a etapa de beneficiamento da casca de coco verde foram coletados em visitas e entrevistas realizadas em unidade produtiva no Estado do Ceará. Já os dados referentes à produção do painel, foram coletados no laboratório de Tecnologia da Biomassa da Embrapa Agroindústria Tropical, onde o produto está sendo desenvolvido, por meio da realização de balanços de massa e energia.

Os dados relativos a consumos e emissões dos processos de produção de insumos (energia e diesel) foram obtidos na base de dados Ecoinvent 2.2. (Frischknecht, Jungbluth, 2007). Dados relativos à carga poluente dos efluentes (líquido da casca de coco verde e líquido da lavagem do pó) gerados no processo de beneficiamento da casca de coco verde foram obtidos de Figueirêdo et. al. (2008).

2.3. Categorias e métodos de avaliação de impactos

O impacto ambiental do PCCV foi analisado pelo método CML (2001) (Guinèe et.al., 2001). Foram avaliadas as seguintes categorias de impacto com abordagem midpoint: depleção de recursos abióticos, acidificação, eutrofização, aquecimento global e depleção da camada de ozônio.

3. Resultados

3.1. Inventário de consumos e emissões

A tabela 1 apresenta o inventário do ciclo de vida da produção do PCCV para a unidade funcional de 0,071 kg com dimensões 11 cm x 11 cm x 5 mm e densidade de 1,29 g/cm^3.

Tabela 1. Inventário do ciclo de vida da produção do PCCV.

Etapa 1. Beneficiamento da casca de coco verde					
Entradas			***Saídas***		
Materiais/Energia	*Quantidade*	*Unidade*	*Produtos/Resíduos/emissões*	*Quantidade*	*Unidade*
Casca de coco verde	6,54	kg	Liquido da casca de coco verde (LCCV)	0,70	kg
Energia	0,18	kw/h	Pó de casca de coco verde(CCV)	3,30	kg
			Fibra de casca de coco verde(CCV)	56,11	g
			Resíduo da prensa	2,48	Kg
			OG	0,00039	g
			SST	0,00511	g
			NTK	0,00010	g
			DQO	0,04571	g
			DBO	0,02607	g
			DBO	0,00003	g
1.1. Lavagem do pó					
Água	7,19	kg	Efluente (Líquido da Lavagem do pó da CCV)	6,01	kg
Pó da Casca de Coco Verde	3,30	kg	Pó da casca de coco verde lavado	4,48	Kg
			OG	0,00003	g
			SST	0,00397	g
			NTK	0,00006	g
			DQO	0,03726	g
			DBO	0,03071	g
			DBO	0,00020	g
Etapa 2: Produção do Painel					
2.1. Preparação do Pó (secagem ao sol e peneiramento do pó)					
Pó da Casca de Coco Verde	4,48412	kg	Pó da Casca de Coco Verde peneirado	64,17	*g*
			Resíduos do Peneiramento (Pó e fibra)	239,72	*g*
2.2. Preparação do Pó (Secagem do Pó em estufa de circulação de ar)					
Pó da Casca de Coco Verde peneirado	64,17	g	Pó da Casca de Coco Verde (CCV) peneirado e seco	55,30	*g*
Energia	0,08	kw/h			
2.3. Preparação da fibra (Secagem da fibra ao sol)					
Fibra da Casca de Coco Verde	56,11	*g*	Fibra da Casca de Coco Verde seca ao sol	32,53	*g*

Cont... do inventário.					
2.4. Preparação da fibra (Moagem da Fibra)					
Entradas			***Saídas***		
Materiais/Energia	*Quantidade*	*Unidade*	*Produtos/Resíduos/emissões*	*Quantidade*	*Unidade*
Fibra da Casca de Coco Verde seca	32,53	*g*	Fibra da Casca de Coco Verde Moida (CCV)	29,18	*g*
Energia	0,04	kw/h	Resíduos de fibra	2,68	*g*
2.5. Preparação da fibra (Secagem da fibra em estufa de circulação de ar)					
Entradas			***Saídas***		
Materiais/Energia	*Quantidade*	*Unidade*	*Produtos/Resíduos*	*Quantidade*	*Unidade*
Fibra da Casca de Coco Verde moída	29,18	g	Fibra da Casca de Coco Verde moída e seca	23,7	*g*
Energia	0,036	kw/h			
2.6. Prensagem do Painel					
Pó da casca de coco verde	55,3	g	Painel de Casca de coco verde	71	g
Fibra da casca de coco verde	23,7	g			
Energia	0,55	kw/h			

Fonte: O próprio autor.

Comparando os processos em estudo, observa-se que ocorre maior consumo de energia elétrica na produção do painel de coco verde e que o beneficiamento da casca é o único que gera emissões para a água em função dos efluentes Líquido da Casca de Coco Verde (LCCV) e Líquido da lavagem do pó (LLP).

3.2. Avaliação de Impacto

Os principais pontos críticos identificados por categoria de impacto são apresentados na Tabela 2. Analisando todas as categorias de impacto, observa-se que o processo de prensagem é o maior responsável pelos impactos relacionados ao PCCV, em função do elevado consumo de energia elétrica. Isso se deve as emissões oriundas dos processos relacionados à produção de energia elétrica no Brasil, principalmente os processos de produção de eletricidade em usinas hidrelétricas, de queima de gás natural em usinas termelétricas e de extração de cobre para produção de fios de transmissão de energia.

Tabela 2: Pontos críticos identificados na ACV do PCCV.

Categoria de Impacto potencial	Pontos críticos	Processo unitário
Depleção de recursos abióticos	Consumo de energia	Prensagem do painel
Acidificação	-Consumo de energia - Queima do combustível	-Prensagem do painel -Transporte da matéria prima
Eutrofização	Efluentes gerados (LCCV e LLP) - Consumo de energia	- Beneficiamento da casca - Prensagem do painel
Aquecimento global	- Consumo de energia	Prensagem do painel
Toxicidade humana	- Consumo de energia	Prensagem do painel

Fonte: o próprio autor

A tabela 3 apresenta os resultados da avaliação de impactos ambientais potenciais do produto em estudo.

Tabela 3: Inventário do ciclo de vida da produção do PCCV.

Categoria de impacto	Unidade de referência	Valor de impacto
Depleção de Recursos Abióticos	kg Sb eq	2,95E-03
Acidificação	kg SO2 eq	1,47E-03
Eutrofização	kg PO4-	2,42E-03
Aquecimento Global	kg CO2 eq	9,88E-01
Depleção da camada de ozônio	kg CFC-11 eq	4,34E-08
Toxicidade humana	kg 1,4-DB eq	5,17E-01

Fonte: O próprio autor.

Com base nos resultados da tabela 3, a fig. 2 mostra os impactos ambientais potenciais de cada etapa do ciclo de vida do produto em estudo.

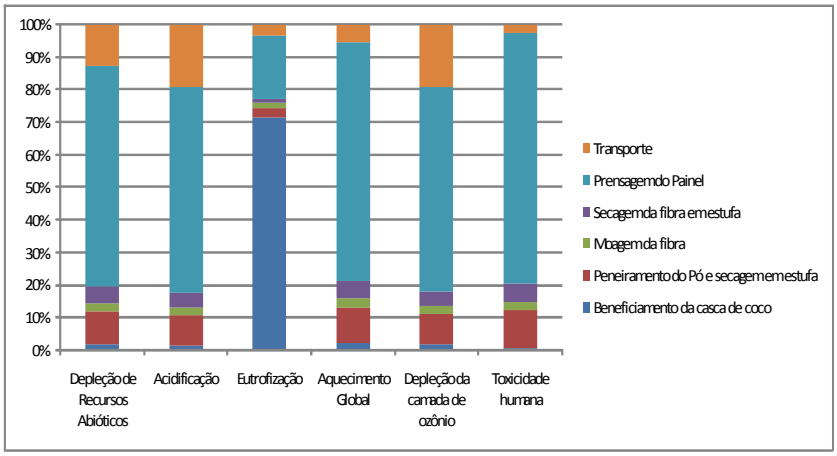

Fig. 2: Impactos ambientais potenciais do sistema de produto em estudo.

O detalhamento de cada categoria de impacto é realizado a seguir. Os resultados de avaliação de impacto foram obtidos empregando o método CML (2001).

Depleção de recursos abióticos

Mais de 60% dos impactos ocorrem na etapa de prensagem do painel. Isto ocorre em função do consumo de energia requerida nesta fase. Os principais processos responsáveis pelo consumo de recursos abióticos estão relacionados à produção de energia e se referem à extração de gás natural e carvão. Dentre as substâncias emitidas por esses processos tem-se o antimônio, o alumínio e o anidrido.

Acidificação

A etapa de prensagem é a maior contribuidora para a categoria (63,2%) devido ao consumo de energia. Os processos que mais contribuem para acidificação ocorrem na cadeia de geração de energia e são a produção de cobre em refinaria e a queima de carvão em usina termelétrica. Outro ponto crítico é o transporte da matéria prima (pó e fibra) que contribuiu com 20% dos impactos, devido às emissões de amônia, óxido de nitrogênio e dióxido sulfúrico na queima de combustível durante a operação do caminhão.

Eutrofização

A etapa de beneficiamento da casca de coco verde responde por 71% dos impactos nessa categoria devido aos efluentes gerados (LCCV e LLP) que possuem alta carga orgânica, com emissões de amônia, nitrato, nitrito, fosfato e DQO. Outro ponto crítico diz respeito à prensagem do painel que contribui com 19.6% devido ao consumo de energia. Os processos contribuintes para os impactos da geração de energia estão relacionados à produção de energia termelétrica, na fase de disposição dos resíduos da mineração de carvão em aterros e da extração de cobre que gera rejeitos sulfídicos.

Aquecimento global

A etapa de prensagem é a maior responsável pelo impacto no aquecimento global, contribuindo com 73,4%. Isso se deve a produção de eletricidade a partir de usina hidrelétrica e a queima de gás natural em usina termelétrica. Nos processos citados, ocorrem emissões de substâncias como dióxido de carbono, monóxido de carbono e metano pela mudança no uso da terra na etapa de construção de hidroelétricas (de florestas para reservatórios).

Depleção da camada de ozônio

A prensagem do painel é responsável por 62,7% dos impactos em função do consumo de energia. Os principais processos relacionados à produção de energia que geram emissões relevantes a essa categoria são o transporte de gás natural (18,9%) e a produção de óleo cru (15,1%). As principais substâncias emitidas por esses processos são o etano, 1,1,1-tricloro-HCFC -140 e etano, 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoro e CFC 114.

Toxicidade Humana

A prensagem do painel é responsável por 76,8% dos impactos devido o consumo de energia. O processo relacionado à geração de energia que mais contribui com os impactos potenciais nesta categoria é à produção de cobre em refinaria devido à disposição final de rejeitos desse processo em aterro. Dentre as substâncias tóxicas emitidas, tem-se o 2,4-D (diclorobenzeno), antimônio, arsênico, benzeno, cádmio, cromo e mercúrio.

4. Possibilidades de melhoria do desempenho ambiental do PCCV

O menor consumo de energia na produção do painel pode ocorrer com a redução do tempo de prensagem dos painéis, desde que a temperatura de prensagem aumente. A prensagem a quente além de promover a cura da lignina também atua na eliminação de hemicelulose presentes na matéria prima. As hemiceluloses provocam instabilidade dimensional nos painéis e aumentam a absorção de água, por isso precisam ser retiradas do material lignocelulósico (SAMANIEGO et. al. (2013).

O pré-tratamento da matéria prima é uma alternativa na eliminação de constituintes que promovem absorção de água pelo painel, que tradicionalmente são retirados pela ação do calor, e consequentemente reduz o consumo de energia do processo de prensagem. A literatura relata pré-tratamentos com hidróxido de sódio (TORQUATO, 2008), água quente (SAMANIEGO, et. al. 2013), dentre outros.

Outra alternativa seria a redução da densidade do painel de HDF (acima de 800 kg/m^3) para MDF (500 a 800 kg/m^3) (TORQUATO, 2008). Com a redução da massa, torna-se possível a diminuição do tempo de prensagem.

Sugere-se também a realização de manutenção preventiva e/ou corretiva no equipamento de prensagem do painel, de modo a diminuir os inconvenientes relatados na sua utilização, como a demora para o aquecimento da prensa. Bem como a substituição do equipamento por outro mais eficiente em termos de consumo energético, desde que atenda aos requisitos necessários para obtenção de um produto com as características técnicas exigidas pelas normas a ele relacionadas.

5. Considerações Finais

Os principais pontos críticos identificados na avaliação do PCCV ocorrem nas etapas de prensagem do painel e beneficiamento da casca de coco verde. O primeiro ponto crítico está relacionado à energia requerida para realização da prensagem do painel. Já o segundo refere-se aos efluentes gerados no processamento da casca de coco e na lavagem do pó que são o LCCV (Líquido da Casca de Coco Verde) e o LLP (Líquido da Lavagem do Pó).

Visando a melhoria do desempenho ambiental do PCCV, sugere-se avaliar diferentes binômios tempo e temperatura no processo de prensagem do painel para redução do consumo energético, além da manutenção ou substituição da prensa. Aponta-se também a necessidade de investigar o potencial de reuso dos efluentes do processo de beneficiamento da casca de coco verde na irrigação de plantas, como o próprio coqueiro, visto que esses efluentes são ricos em nutrientes como fósforo e nitrogênio.

6. Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14044: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações. Brasil, 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 15316-1: Chapas de fibras de média densidade. Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro, 2006.

Araújo júnior, C. P. Painéis de Fibras Elaborados a Partir da Casca do Coco Verde sem Adição de Resinas Aglutinantes. 2014. 83 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Materiais) – Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza-CE.

Figueirêdo, M.C. B. Modelo de Avaliação do Desempenho Ambiental de Inovações Tecnológicas Agroindustriais, Considerando o Conceito de Ciclo de Vida e a Vulnerabilidade Ambiental: AMBITEC-Ciclo de Vida. 2008. Tese. 424 f. (Programa de Pós-graduação em Engenharia Hidráulica e Ambiental) – Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza-CE.

Mattos, R. L. G.; Gonçalves, R. M.; Chagas, F. B. Painéis de Madeira no Brasil: Panorama e Perspectivas. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 27, p. 121-156, mar. 2008.

Piekarski, C. M. Proposta de Melhoria do Desempenho Ambiental Associado ao Ciclo de Vida da Produção do Painel de Madeira MDF. 2013. 147f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa.

Samaniego, M.R.P.; YADAMA, V.; LOWELL, E.; ESPINOZA-HERRERA, R. A review of wood termal pretreatments to improve wood composite properties. Wood Science and Technology. v.47.n.6.pp. 1285-1319, 2013.

Silva, D. A. L. Avaliação do Ciclo de Vida da Produção do Painel MDP no Brasil. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação Interunidades em ciência e engenharia de Materiais. Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2012.

Torquato, L. P. Caracterização dos Painéis MDF Comerciais Produzidos no Brasil. 2008. 94 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná. Curitiba.