

Impactos ambientais de painéis de madeira e derivados - Uma revisão de literatura

Environmental impacts of wood paneling and derivatives - A literature review

A. L. F. FREIRE ¹; M. C. B FIGUEIRÊDO ²; M. F. ROSA ³; C. P. ARAÚJO JÚNIOR ⁴

Recibido: 29/01/15 • Aprobado: 24/02/2015

Contenido

1. Introdução

2. Painéis de madeira no Brasil

3. Etapas de fabricação dos painéis de madeira MDF e MDP

4. Estudos de avaliação de impactos ambientais de painéis de madeira e derivados

5. Discussão

Referências Bibliográficas

RESUMO:

Os painéis de madeira surgiram em função da escassez de matéria prima e da necessidade de redução do corte de árvores nativas. O consumo de painéis tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, dado o crescimento da economia e do mercado imobiliário. No entanto faz-se necessário avaliar os impactos ambientais desse produto, possibilitando a melhoria do seu desempenho ambiental. Portanto, este trabalho tem como objetivo apresentar o estado da arte sobre estudos de avaliação de impactos ambientais de painéis de madeira e derivados, para subsidiar o desenvolvimento de novos painéis, fabricados com resíduos agroindustriais como a casca de coco verde.

Palavras-chave: desempenho ambiental, desenvolvimento, resíduos agroindustriais.

ABSTRACT:

The wood paneling emerged due to the shortage of raw materials and the need to reduce the logging of native trees. Consumption of panels has increased considerably in recent years, given the growth of the economy and the housing market. However it is necessary to assess the environmental impacts of the product, enabling the improvement of its environmental performance. Therefore, this paper aims to present the state of the art of studies evaluating the environmental impacts of wood and wood panels, to support the development of new panels, made from agricultural residues such as coconut husk.

Keywords: environmental performance, development, agro-industrial waste.

1. Introdução

Os painéis de madeira surgiram devido à escassez de matéria prima e da necessidade de redução do consumo de madeira de floresta nativa. Os principais painéis de madeira atualmente são os aglomerados/MDP, o Oriented Strand Board (OSB), o Médio Density Fiberboard (MDF), o Hard Density Fiberboard (HDF), o Super Density Fiberboard (SDF) e chapas isolantes. Dentre eles destacam-se economicamente no mercado nacional e internacional o MDP e MDF, pois são os mais utilizados pela indústria de móveis e pela construção civil.

Segundo Biazus et. al. (2010), o consumo de painéis de madeira tem evoluído consideravelmente nos últimos anos, e este crescimento está bem relacionado ao crescimento do PIB, para cada 1% de aumento do PIB entre 1997 e 2008, o MDP cresceu 2,4% em média e o MDF cresceu 11,8%.

As empresas buscam sempre melhorar seus produtos, especialmente em relação à

sustentabilidade ambiental. E neste cenário as rotulagens e certificações ambientais tornam-se cada vez mais necessárias para garantir aos seus clientes o consumo de produtos menos impactantes ao meio ambiente.

Nesse sentido, esse trabalho apresenta o estado da arte sobre impactos ambientais relacionados a painéis de madeira e derivados. Para tanto, realizou-se uma análise detalhada de artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, anais de congressos científicos, dissertações de mestrado e doutorado e relatórios internacionais, publicados no período de 2007 a 2014. Nessas publicações, analisa-se o sistema de produção e principais impactos ambientais relacionados a painéis de madeira. Esse estudo fornece subsídios para inovação tecnológica sustentável na produção de painéis, em especial os produzidos no Brasil, visando um melhor desempenho ambiental desse produto e maior competitividade no mercado internacional.

O trabalho está organizado em três seções que analisam: i) os tipos de painéis comercializados no mercado brasileiro; ii) as características do sistema de produção de painéis, iii) os estudos ambientais de painéis, considerando os métodos empregados e os pontos críticos identificados.

2. Painéis de madeira no Brasil

Ao longo do desenvolvimento das civilizações, a madeira é um componente essencial na promoção do bem estar humano, a qual era utilizada como lenha, na fabricação de utensílios diversos, habitações, dentre outros. Com a sua utilização na forma serrada foram ampliadas as possibilidades de uso e com a inserção dos adesivos, novos produtos compostos de madeira puderam ser fabricados. Inicialmente, eram usados adesivos naturais feitos à base de proteínas animais, vegetais e amido. Na década de 30, vieram os primeiros adesivos sintéticos a base de uréia-formaldeído e fenol-formaldeído (REMADE, 2003).

O uso de madeira natural possui algumas limitações como as suas dimensões (largura e comprimento), que variam de acordo com o tipo de árvore, as propriedades mecânicas e alguns defeitos como nós e inclinação. Devido a estas limitações os adesivos tornaram-se importantes, por permitirem o uso de madeira em diferentes tamanhos e configurações na fabricação de diversos tipos de painéis. Com isso os painéis de madeira trouxeram três benefícios relevantes para a sociedade: i) aumento da oferta de produtos de madeira, com sua utilização racional e integral; ii) melhoria das propriedades dos produtos de madeira, permitindo uma grande gama de utilização; iii) servirem como produtos alternativos a madeira maciça, recursos metálicos e poliméricos na fabricação de bens de consumo (REMADE, 2003).

Os painéis de madeira podem ser utilizados pela indústria moveleira e também na construção civil (SILVA, 2012). Eles podem substituir a madeira maciça em uma infinidade de aplicações, como a fabricação de móveis, pisos e objetos decorativos, bem como em design de interiores (PIERKARSKI, 2013).

2.1. Classificação dos painéis

De forma geral, os painéis de madeira se classificam em dois tipos: os painéis de madeira mecanicamente processada, feitos com lâminas de madeira maciça, e os produzidos de madeira reconstituída (fibras ou partículas de madeira). A diferença entre os dois está em seus processos de manufatura. Nos painéis de madeira reconstituída, a madeira passa por processamento químico para sua desagregação até se transformar em fibras ou partículas (PIEKARSKI, 2013). Já os painéis de madeira mecanicamente processada são formados por camadas de lâminas de madeira maciça (MATTOS, et. al. 2008).

Dentre os painéis de madeira, os painéis reconstituídos se destacam pela maior procura e valor agregado (SILVA, 2012). De acordo com Mattos et. al. (2008), os painéis de madeira reconstituída tiveram um grande crescimento na procura por parte do mercado consumidor e isso se deve ao fato da necessidade crescente de utilizar materiais substitutos à madeira maciça.

Os principais painéis reconstituídos são os aglomerados/MDP, o OrientedStrandBoard (OSB), o MediumDensityFiberboard (MDF), o Hard DensityFiberboard (HDF), o SuperDensityFiberboard (SDF) e chapas isolantes. Fazem parte ainda desta categoria, outros tipos de compósitos como madeira plástica e cimento-madeira.

Os painéis podem ser classificados de acordo com sua densidade (Tabela 1).

Tabela 1 – classificação de painéis de fibra quanto à densidade

Tipo	Densidade (g/cm³)
Não prensados	
Painéis isolantes (semi-rígido)	0,02 a 0,15
Painéis isolantes (rígido)	0,15 a 0,40
Prensados	
Painéis de Média Densidade (MDF)	0,5 a 0,80
Painéis de Fibras Duras	0,80 a 1,20
Painéis de Alta Densidade	1,20 a 1,45

Fonte: IWAKIRI (2005) apud TORQUATO (2008).

Os painéis aglomerados são normalmente produzidos com densidade na faixa de 0,60 a 0,70 g/cm³ (IWAKIRI, 2005). A norma ABNT NBR 15316-1:2009 define o painel de média densidade como uma chapa de fibras de madeira com umidade menor que 20% na linha de formação e densidade maior que 450 kg/m³. Entretanto, ainda segundo a norma ABNT NBR 15316-1:2009, para fins de mercado, os painéis podem ser classificados em:

1. HDF: chapa com densidade ≥ 800 kg/m³;
2. Standard: chapa com densidade > 650 kg/m³ e < 800 kg/m³;
3. Light: chapa com densidade > 550 kg/m³ e ≤ 650 kg/m³;
4. Ultra light: chapa com densidade ≥ 450 kg/m³ e ≤ 550 kg/m³.

Os painéis reconstituídos são comumente produzidos utilizando fibras ou partículas de madeira que são unidas utilizando adesivos ou resinas sintéticas. Essas fibras ou partículas são prensadas sob altas temperaturas com o auxílio desses aglutinantes (CARASHI et. al., 2009).

2.2. Resinas sintéticas

Na indústria de painéis, a resina uréia-formaldeído é a mais empregada atualmente. O principal fator que justifica o seu uso é o seu custo baixo em relação às outras resinas. No entanto outras resinas como fenol-formaldeído (FF), isocianato, melamina-uréia-formaldeído (MUF) e melamina-formaldeído (MF) são empregadas na manufatura de painéis (IWAKIRI, 2005). Para melhorar a relação custo/benefício, visto ser o componente de maior custo, é essencial definir o tipo e a quantidade de resina a ser usada (MENDES et. al. 2012).

A principal desvantagem da resina UF é a falta de resistência a condições de umidade elevadas. Já a resina MUF melhora as condições de resistência a umidade de painéis de madeira, e é bastante utilizada para painéis de madeira de uso exterior (MENDES et. al. 2012).

2.3. O Mercado de Painéis no Brasil

No Brasil, o desenvolvimento das indústrias de painéis se deu na década de 50, com a instalação de fábricas de chapas de fibras duras e isolantes em São Paulo. Na década de 60, começou a funcionar a primeira indústria de painéis aglomerados, iniciando um dos segmentos mais importantes no fornecimento de matéria-prima para o mercado moveleiro do país. Nesta mesma época, foi implementada a política de incentivos fiscais para o reflorestamento de grandes áreas com espécies de pinus e eucalipto no sul do país, impulsionando o mercado de papel e celulose, painéis de madeira e serrarias (IWAKIRI, 2012).

Na década de 90, o Brasil entra na "era do MDF", com vistas a atender a demanda da indústria de móveis. Em 1997, foi instalada em São Paulo a primeira fábrica, e chega também a tecnologia da prensa contínua, que possibilitou a fabricação de produtos com melhor qualidade e maior produtividade, tornando-o muito competitivo no mercado. Com isso a indústria de painéis aglomerados precisou melhorar a qualidade dos seus produtos, com a adoção de inovações tecnológicas, que possibilitaram a mudança da nomenclatura "*aglomerado*", visto como de baixa qualidade, para MDP - MediumDensityParticleboard, um produto capaz de competir em condições semelhantes com o MDF (IWAKIRI, 2012). No Brasil, a principal matéria-prima para a produção destes painéis são as florestas de pinus e eucalipto (BRINO et. al. 2012).

Segundo Mattos, et. al. (2008), o mercado de painéis ainda não está totalmente consolidado. Embora os painéis compensados e o aglomerado/MDP, já serem fabricados há um bom tempo, o MDF começou a ser fabricado no Brasil somente em 1997 e o OSB, em 2001.

O Brasil produziu em 2005, 7,7 milhões de m³ de painéis. O Consumo de painéis aumentou em função da qualidade do produto, devido à escassez de madeira maciça (especialmente madeira de lei) e a melhora na economia, com a redução dos juros, aquecendo o mercado interno de móveis e da construção civil (MATTOS, et. al. 2008)

As fábricas de painéis de madeira reconstituída estão localizadas estrategicamente próximas aos pólos moveleiros ou em locais que possam facilitar o escoamento da produção. As fábricas estão localizadas principalmente nas regiões sul e sudeste do país. Esta proximidade garante preço e mercado (MATTOS, et. al. 2008).

Em 2008, o Brasil foi o 6º produtor de painéis de madeira no ranking mundial, produzindo 2.627.070 m³ de MDP (33%), 2.073.800 m³ de MDF (26%), 510.660 m³ de chapa dura (7%) e 2.631.000 m³(34%) de compensado. A capacidade instalada foi de 6,5 milhões de m³/ano, dividida entre as empresas Arauco do Brasil, Duratex, Berneck, Eucatex, Fibraplac, Masisa do Brasil e Bonet (MATTOS, et. al. 2008).

De acordo com o Biazus, et. al. (2010) o consumo de painéis de madeira reconstituída em 2008 foi de 5,9 milhões de m³, onde o MDP e o MDF foram responsáveis por 4,9 milhões de m³ (83% do total). A evolução do consumo dos painéis de madeira reconstituída está bastante relacionada ao crescimento do PIB. Para cada 1% de incremento do PIB entre os anos de 1997 e 2008, o MDP cresceu em média 2,4%. O MDF cresceu 11,8% para cada 1% de crescimento do PIB brasileiro. Isto indica um potencial de crescimento permanente, especialmente do MDF.

3. Etapas de fabricação dos painéis de madeira MDF e MDP

As principais matérias-primas para a produção de MDF e MDP são cavacos de madeira, oriundos de serrarias, fábricas de compensados, fábricas de móveis e serragem de árvores inteiras, e toras de madeira, provenientes de florestas plantadas de pinus e eucalipto na produção de painéis (RIVELA et. al., 2007; PIEKARSKI et. al., 2013).

Atualmente as indústrias de painéis em todo o mundo adotam a mesma sequência de atividades e processos de fabricação (PIEKARSKI, et. al. 2012). De forma geral as etapas de produção do MDF incluem a preparação mecânica dos cavacos ou toras de madeira em fibras, secagem, mistura das fibras com a resina e aditivos, formação do painel numa esteira e prensagem a quente

(RIVELA, et. al., 2007; SILVA, et. al., 2012).

De acordo com Silva et al. (20102) e Piekarski, et. al. (2013), na produção de painéis, inicialmente a matéria-prima (cavacos) é entregue por caminhão armazenada em pátio de madeira, sem cobertura. Em uma peneira é feita a triagem do material, na qual pequenas partículas (finas) e grandes partículas (cascas) são retiradas. As partículas finas retornam para o processo e as maiores são vendidas como biomassa para outras indústrias. Somente os cavacos apropriados são levados ao processo. Em seguida, os cavacos são lavados e centrifugados para remoção da sujeira, com os resíduos e extrativos, tratados como efluentes.

Os cavacos limpos são amolecidos num digestor de vapor pressurizado e, em seguida transportados para um desfibrador. O processo é feito com o uso de disco refinador pressurizado. Na etapa de blowline ou injeção de químicos, a resina a base de UF e outros aditivos são misturados as fibras. A secagem das fibras ocorre no secador de tubo de ar quente, onde o ar quente é responsável pela secagem da fibra. O ar quente evapora a umidade e conduz a fibra para o filtro a vento. O ar quente é gerado na fábrica pela queima do resíduo de pó de madeira da própria fábrica e eventualmente ocorre o uso de gás natural.

Após a secagem, as fibras com 7 a 9% de umidade, seguem por um filtro de vento, que ajuda a remover aglomerados de fibras e outros materiais que podem danificar o processo ou o produto final. As fibras secas selecionadas seguem para um silo alimentador que promove a distribuição uniforme das fibras em uma manta, com o auxílio de um pêndulo dosador de fibras, formando um tapete de fibras. Para o MDP, as partículas secas são classificadas em peneiras vibratórias de acordo com a sua dimensão, em quatro grupos: oversize, material de camada interna (CI), material de camada externa (CE) e pó. As partículas de camada interna e externa são misturadas a resina a base de UF. As partículas misturadas a resina UF seguem para estações formadoras onde o material de CI e CE são distribuídos formando o colchão. As partículas de CI ficam no centro ou miolo do painel e as partículas de CE ficam dispostas na parte externa do painel, formando três camadas (SILVA, 2012).

O tapete de fibras passa por um desaerador, para remover o ar entre as fibras e, posteriormente é pré-comprimido pelo compressor. Este tapete é umedecido com água numa proporção de 2.5 L.m³ de MDF produzido.

A prensagem é feita em prensa contínua, que opera em função da temperatura e da pressão. A prensa opera a cerca de 170-230°C e 5,2 MPa num tempo suficiente para curar a resina e a uma pressão de consolidação da esteira para uma densidade almejada. A prensa é aquecida por óleo quente gerado em usina térmica. Posteriormente os painéis são serrados e refrigerados por 40 minutos. Depois devem repousar por 48 horas para estabilizar as suas propriedades físicas e mecânicas.

Após o período de repouso, são lixados até espessura e suavidade desejados. O pó é reciclado de volta para o processo como combustível para a usina termelétrica. Os painéis largos são serrados no comprimento e largura para serem comercializados e os resíduos gerados são levados de volta para o processo.

4. Estudos de avaliação de impactos ambientais de painéis de madeira e derivados

Foram identificados e analisados 16 estudos que analisam os impactos ambientais de painéis de madeira e derivados feitos no Brasil, Chile, Espanha, EUA, Canadá e Áustria. A lista dos referidos estudos é apresentada na tabela 2.

Tabela 2: Estudos de ACV de painéis de madeira e derivados.

	Referência	Tipo de	Processos mais	Principais	Método de
--	------------	---------	----------------	------------	-----------

		painel e densidade	impactantes	aspectos ambientais	Avaliação de impacto
1.	RIVELA, et.al. (2007).	MDF/ 615 kg/m ³	Subsistema de preparação da madeira	O consumo de energia elétrica e resina uréia-formaldeído (UF)	Ecoindicator-99
2.	GONZÁLES-GARCIA, et. al. (2009)a	HDF (hardboard) 900 kg/m ³	O subsistema de preparação das fibras	Produção de energia elétrica Produção de laccase	CML 2baseline 2000 V2.1
3.	GONZÁLES-GARCIA, et. al. (2009) b	HDF (hardboard) 987 kg/m ³	Subsistema de preparação da madeira	Produção de eletricidade Produção da resina FF Produção de energia térmica Preparação das fibras.	CML 2baseline 2000 V2.1
4.	PUETMANN, et. al. (2010).	Madeira macia, madeira dura e piso de tira de madeira sólida.	A etapa de fabricação consumiu a maior quantidade de energia do total de energia do berço ao portão independente da região.	O consumo de energia	Não realizou avaliação de impacto. Fez análise de inventário.
5.	WILSON (2010)	MDF 741 kg/m ³	Fabricação do painel	Queima de resíduos de madeira Consumo de energia Resina UF	Não realizou avaliação de impacto. Fez análise de inventário.
6.	PIEKARSKI, et. al. (2012).	MDF 681 kg/m ³	A etapa de secagem das fibras.	Consumo de energia	Realizou análise do consumo de energia.
7.	BRINO, et. al. (2012)	MDF			

			-	-	Não realizou avaliação de impacto.
8.	SILVA, et. al. (2013) a	MDP 630 kg/m ³	O subsistema de produção industrial.	O uso do óleo pesado e a resina UF na produção do painel.	CML 2001 e USEtox.
9.	SILVA, et. al. (2013) b	MDP 630 kg/m ³	Subsistema de produção industrial	Consumo de energia elétrica proveniente de hidrelétricas.	Cumulative Energy Demand (CED)
10.	PIEKARSKI, (2013).	MDF 683 kg/m ³	Subsistema de produção industrial	Uso do gás natural e resíduos de madeira na planta térmica de energia; Energia elétrica; Resina UF; Transporte da madeira (cavacos); Produção dos cavacos de madeira.	CML 2001 EDIP 97 USEtox 2008
11.	ATHENA, (2013)	MDF 496-801 kg/m ³	A etapa de preparação da madeira.	Consumo de energia	TRACI 2
12.	ATHENA (2013)	MDP 590 a 800 kg/m ³	A etapa de manufatura do painel (sub-etapas de formação do painel e secagem)	Consumo de energia	TRACI 2
13.	SARAVIA-CORTEZ, et. al., (2013)	MDP 630 kg/m ³	O uso de recursos naturais e consumo de energia	Recursos materiais Recursos energéticos e Resíduos gerados	Ecological Footprint Methodology

14.	SANTOS, et. al. (2014)	Painéis de partículas de aparas de pinus e bagaço de cana (MDP)	As fases 1 e 2 (aquisição de matéria prima e produção do painel)	Energia elétrica; Uso de combustíveis fósseis; Resina UF.	EDIP 97 e Ometto, 2005.
15.	PIEKARSKI, et. al. (2014).	MDF 683,2 kg/m ³	A etapa de secagem das fibras.	Consumo de energia	Cumulative Energy Demand (CED)
16.	SILVA, et. al. (2014)	Roupeiro composto por MDP	Obtenção de matérias primas Distribuição	Resina UF Energia elétrica Consumo de diesel Consumo de fertilizante NPK	EDIP 97.
17.	SILVA, et. al. (2014)	Painel de partícula de bagaço de cana (MDP) 630 kg/m ³	O subsistema de produção do painel.	Óleo pesado Eletricidade Cadeia de fornecimento da resina UF	CML 2001 e USEtox.

Fonte: o próprio autor.

As avaliações ambientais são principalmente voltadas para o estudo de painéis tipo MDP e MDF. Isto pode ser justificado pela relevância econômica destes dois painéis tanto a nível nacional quanto internacional, pois são os mais utilizados na indústria de móveis e construção civil.

Predomina nos trabalhos o uso do método de avaliação do ciclo de vida (ACV) que permite avaliar os impactos ambientais relacionados não só a produção dos painéis, mas também a extração das matérias-primas necessárias à produção, uso do painel e seu descarte final (ISO, 2009). Entretanto, o escopo dos estudos analisados abrange em sua maioria as etapas de aquisição de matéria-prima e de fabricação do produto ("berço ao portão"). Porém o estudo de Rivela et. al. (2007), considerou a etapa de distribuição do produto, Saravia-Cortez et. al. (2013), considerou somente as fases dentro da fábrica ("portão-a-portão"), e apenas o estudo de Santos et. al. (2014), inclui dados de aquisição da matéria-prima até o descarte final do produto ("berço ao túmulo").

Observou-se que apenas os dois trabalhos de Santos et. al. 2014 e Silva et. al. 2014, apresentaram como matéria prima para fabricação dos painéis resíduos agroindustriais, no caso o bagaço de cana. A principal matéria-prima dos painéis brasileiros são florestas plantadas de pinus e/ou eucalipto, e dos painéis produzidos no Chile, Espanha, EUA e Canadá, resíduos de madeira de outros processos industriais. Assim, os painéis produzidos no exterior tem uma vantagem em relação aos painéis produzidos no Brasil, visto que estão utilizando resíduos para fabricar novos produtos, não havendo impactos relacionados à produção agrícola. No entanto, é importante frisar que o Brasil vem desenvolvendo a aplicação de resíduos agroindustriais, como a casca de coco verde na produção de painéis reconstituídos (Araújo Júnior 2011; 2013).

Os processos de produção de painéis foram em sua maioria analisados em escala industrial. Apenas no estudo de Santos et. al. 2014 e de Gonzáles-Garcia, et. al. 2009 o processo de produção de painel foi analisado em escala laboratorial ou piloto.

A maioria dos processos de produção utilizou a uréia-formaldeído como resina aglutinante das partículas de madeira. Apenas o processo analisado por Gonzáles-Garcia, et. al. 2009, utiliza uma resina alternativa a base de lignina e enzima lacase, em substituição a resina fenol-formaldeído na fabricação de painel chamado hardboard verde. Este produto foi comparado com o painel convencional que utiliza a resina fenol-formaldeído (FF) e o novo painel apresentou melhores propriedades mecânicas e de resistência a água em relação ao painel com FF, além de evitar emissões derivadas da resina FF.

Saravia-Cortez, et. al. 2013, realizou avaliação da sustentabilidade ambiental utilizando o método de pegada ecológica (Ecological Footprint Methodology), que é expressa em hectares globais (gha). Os resultados mostraram que a pegada ecológica do painel é influenciada principalmente pelo tipo de matéria-prima utilizada, e neste estudo em torno de 90% é madeira em toras. De acordo com esse estudo, para reduzir a pegada seria necessário utilizar resíduos de madeira.

Observou-se nos demais estudos que houve similaridade em relação aos principais pontos críticos ambientais relacionados ao ciclo de vida de painéis. A etapa em geral que mais contribuiu para os potenciais impactos ambientais foi a manufatura do painel em função do consumo de energia, emissões de formaldeído livre, devido ao uso da resina UF e o óleo pesado usado para aquecer a prensa contínua.

Alguns estudos, como os de Gonzáles-Garcia et. al. (2011), Piekarski, et. al. (2014), Athena (2013) para o MDP e o MDF, consideraram as emissões de CO₂ biogênico como neutras. As emissões de CO₂ devido à queima dos resíduos de biomassa utilizados na produção de energia térmica foram consideradas iguais a absorção de CO₂ no crescimento das árvores e não foram citadas como contribuidoras para o potencial de aquecimento global.

Os principais impactos analisados foram aquecimento global, eutrofização, acidificação, formação fotoquímica de ozônio, depleção da camada de ozônio, ecotoxicidade e toxicidade humana e em alguns trabalhos foi realizada análise energética pelo método Cumulative Energy Demand (CED). Apenas um estudo avalia danos à saúde humana, qualidade dos ecossistemas e depleção de recursos.

Os métodos de avaliação de impacto de ciclo de vida utilizados foram CML 2001, EDIP 97, USEtox, TRACI 2, Ecoindicator 99 e Cumulative Energy Demand (CED). Os métodos CML e EDIP foram mais adotados para analisar categorias de impacto: depleção de recursos abióticos, acidificação, eutrofização, aquecimento global, depleção da camada de ozônio e oxidação fotoquímica de ozônio troposférico; O método EDIP também foi utilizado como método comparativo em relação ao CML. O método USEtox foi o mais recomendado para analisar as categorias que envolvem impactos de toxicidade. O método Ecoindicator 99 foi utilizado nas avaliações de dano ambiental, o Cumulative Energy Demand (CED) para análise energética, em termos de uso de energia renovável e não renovável e o Ecological Footprint Methodology (Método da pegada ecológica), foi utilizado para avaliar os impactos em termos de uso de recursos materiais, energéticos e resíduos gerados.

5. Discussão

Diversas alternativas de melhoria do desempenho ambiental de painéis podem ser sugeridas, dentre elas, tem-se a redução do uso de madeira de florestas plantadas, que podem ser substituídas por resíduos de madeira de outros processos industriais; Bem como a utilização de fontes de energias renováveis e limpas para geração de eletricidade. Podem ser adotadas matérias-primas alternativas como resíduos agroindustriais, a exemplo tem-se a casca de coco verde e o bagaço de cana. Além da redução no uso de resinas a base de formaldeído e a sua substituição por outros tipos de resinas.

Observou-se que a literatura atual dispõe de poucas informações sobre estudos ambientais de painéis obtidos a partir de fibras vegetais alternativas, como resíduos lignocelulósicos. Devido a importância do agronegócio no Brasil e a grande quantidade e diversidade de resíduos lignocelulósicos gerados tanto na agricultura como na agroindústria, ressalta-se a necessidade de ampliação das pesquisas voltadas ao desenvolvimento de painéis oriundos de materiais alternativos. Tomando como exemplo a grande quantidade de casca de coco verde gerada nas indústrias beneficiadoras de água de coco, onde em média são processados dez mil cocos por dia, considerando que um coco verde pesa 1,5 kg, 1,1 kg é casca e 0,4 kg é água, o volume de resíduos gerados é abundante e as indústrias tem muita dificuldade em dar uma destinação correta a esses resíduos, que muitas vezes são dispostos em vazadouros a céu aberto, trazendo diversas consequências negativas aos seres humanos e ao meio ambiente.

Outra possibilidade é a produção de painéis sem adição de resinas sintéticas, utilizando resinas naturais. Os principais problemas ambientais das resinas a base de formaldeído, são as emissões para o ar, pois as emissões de formaldeído livre tem potencial cancerígeno. O formaldeído livre é emitido de três maneiras: i) a partir do formaldeído residual na resina; ii) durante a fabricação da resina; e iii) quando o formaldeído é liberado por degradação da resina curada durante a manufatura dos painéis de madeira (TOHMURA et. al. 2001 apud SILVA, et. al. 2014). Estudos sobre o uso de resinas alternativas menos impactantes ao meio ambiente são necessários para melhoria do desempenho ambiental de painéis de madeira (SILVA, et. al. 2014).

Diversas fibras vegetais possuem altos teores de lignina. A casca de coco, por exemplo, possui valores de 38 a 44% (CORRADINE et. al. 2009). A lignina pode ser usada como agente aglutinante natural e a sua vantagem é ser abundante na natureza. Ela pode funcionar como um ligante natural na fabricação de painéis, que sob alta temperatura e pressão, dispensa o uso de resinas sintéticas para aglutinar as fibras (VAM DAM, et. al. 2004 apud ARAÚJO JÚNIOR, 2014).

Referências Bibliográficas

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15316-1: 2009. Chapas de fibra de média densidade. Parte 1 – Terminologia. ABNT, 2009.
- ATHENA SUSTAINABLE MATERIALS INSTITUTE. A Cradle-to-gate Life Cycle Assessment of Canadian Medium Density Fiberboard (MDF) – 2013 Update. Ottawa, ON. Setembro, 2013.
- ATHENA SUSTAINABLE MATERIALS INSTITUTE. A Cradle-to-gate Life Cycle Assessment of Canadian Particleboard – 2013 Update. Ottawa, ON. Setembro, 2013.
- BIAZUS, A.; HORA, A. B.; LEITE, B. G. P. Panorama de mercado: painéis de madeira. BNDES Setorial 32, p. 49-90. 2010.
- BRINO, et. al. Estudo preliminar para viabilidade de aplicação da ACV: Mapeamento de Processo Produtivo do painel MDF. XVII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. Curitiba – 2012.
- CARASCHI, J.C.; LEÃO, A. L.; CHAMMA, P. V. C. Avaliação de Painéis Produzidos a partir de Resíduos Sólidos para Aplicação na Arquitetura. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 19, nº 1, p. 47-53, 2009.
- CORRADINE, E; ROSA, M. F.; MACEDO, B. P.; PALADIN, P. D.; MATTOSO, L.H. C. Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos cultivares de coco verde. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal, vol. 31, n. 3, setembro 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v31n3/a30v31n3>, acessado em: 12/01/2015.
- GARCIA-GONZÁLES, S.; FEIJOO, G.; HEATHCOTE, C.; KANDELBAUER, A. Environmental Assessment of Green hardboard production coupled with a laccase activated system. Journal of Cleaner Production, p. 445-453, 2011.
- GARCIA-GONZÁLES, S.; FEIJOO, G.; WIDSTEN, P.; KANDELBAUER, A.; ZIKULNIG-

RUSCH, E.; MOREIRA, M. T. Environmental performance assessment of hardboard manufacture. *Int. J. Life Cycle Assess*, p. 456-466, 2009.

IWAKIRI, S.; CAPRARA, A. C.; SAKS, D. C. O.; GUI SANTES, F. P.; FRANZONI, J. A. KRAMBECK, L. B. P.; RIGATTO, P. A. Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resinas. *Scientia Forestalis* n. 68, p.39-43, ago. 2005.

IWAKIRI, S. História, evolução, tecnologia e perspectivas. *Revista Opiniões-Setembro/Novembro* (2012). Disponível em: <http://www.revistaopinioes.com.br/cp/materia.php?id=859>, acessado em 19 de novembro de 2014.

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.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; SANTOS, R. C.; CÉSAR, A. A. S. Efeito da associação de bagaço de cana, do tipo e do teor de adesivo na produção de painéis aglomerados. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 161-170, jan.-mar., 2012.

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.

Piekarski, c. m.; francisco, a. c.; luz, l. m. Energy consumption in MDF production: Overview of use renewable and non-fossil energy sources in a Brazilian mill. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (ICIEOM)*. Guimarães –Portugal, 09 - 11 de julho de 2012.

PIEKARSKI, C. M.; CARLOS DE FRANCISCO, A.; LUZ, L. M.; ALVARENGA, T. H. P.; BITTENCOURT, J. V. M. Environmental profile analysis of MDF panels production: study in a brazilian technological condition. *CERNE*. V. 20. N.3. P. 409-418. 2014.

PUETTMANN, M. E.; BERGMAN, R.; HUBBARD, S. JOHNSON, L.; LIPPKE, B. ONEIL, E. WAGNER, F.G. Cradle-to-gate life-cycle inventory of US wood products production: CORRIM phase I and phase II products. *Wood and Fiber Science*, 42 (CORRIM Special Issue), março, 2010, p. 15-28.

REMADE. História. Características tecnológicas e aplicações. *Revista da madeira*, edição n. 71, maio de 2003. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=328&subject=Hist%F3ria&title=Caracter%EDsticas%20tecnol%F3gicas%20e%20aplica%E7%F5es, acessado em: 20 de novembro de 2014.

RIVELA, B.; MOREIRA, M.T.; FEIJOO, G. Life Cycle of Medium Density Fiberboard. *Journal Wood and Other Renewable Resources*. P. 143-150. 2007.

SARAIVA-CORTEZ, A. M.; HERVA, M.; GARCIA-DIÉGUEZ, C.; ROCA, E. Assessing environmental sustainability of particleboard production process by ecological footprint. *Journal of Cleaner Production*, p. 301-308, 2013.

SILVA, D. L. A. Avaliação do Ciclo de Vida da Produção do Painel de Madeira MDP no Brasil. 2012. 207 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação Interunidades em Ciências e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo. São Carlos.

SILVA, D. L. S.; LAHR, F. A. R.; GARCIA, R. P.; FREIRE, F. M. C. S.; OMETTO, A. R. Life cycle assessment of medium density particleboard (MDP) produced in Brazil. *Journal Wood and Other Renewable Resources*. p. 1404-1411, 2013.

SILVA, D. A. L.; VARANDA, L. D.; LAHR, F. A. R. Análise Energética do Ciclo de Vida Produtivo do Painel MDP no Brasil. *International Workshop Advances in Cleaner Production*. São Paulo – 22 a 24 de maio de 2013.

IRITANI, D. R.; SILVA, D. A. L.; SAAVEDRA, Y. M. B.; GRAEL, P. F. F.; OMETTO, A. R.

Sustainable strategies analysis through life cycle assessment: a case study in a furniture industry. *Journal of Cleaner Production*, p. 1-11, 2014.

SILVA, D. A. L.; LARH, F. A. R.; PAVAN, A. L. R.; SAAVEDRA, Y. M. B.; MENDES, N. C.; SOUSA, S. R.; SANCHES, R.; OMETTO, A. R. Do wood-based panels made with agro-industrial residues provide environmentally benign alternatives? An LCA case study of sugarcane bagasse addition to particle board manufacturing. *Journal Wood and Other Renewable Resources*. p. 1767-1778, 2014.

SILVA, D. A. L.; LARH, F. A. R.; VARANDA, L. D.; CHRISTOFORO, A. L.; OMETTO, A. R. Environmental performance assessment of the melamine-urea-formaldehyde (MUF) resin manufacture: a case study in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, p. 1-9, 2014.

SANTOS, M. F. N.; BATTISTELLE, R. A. G.; BEZERRA, B. S.; VARUM, H. S. A. Comparative Study of life cycle assessment of particleboards made of residues from sugarcane bagasse (*Saccharum spp.*) and pine wood shavings (*pinuselliottii*). *Journal of Cleaner Production*, p. 345-355, 2014.

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.

WILSON, J. B. Life-cycle inventory of medium density fiberboard in terms of resources, emissions and carbon. *Wood and Fiber Science*, 42 (CORRIM Special Issue), 2010, p. 107-124.

YE, X. P.; JULSON, J.; KUO, M.; WOMAC, A.; MYERS, D. Properties of medium density fiberboards made from renewable biomass. *Bioresource Technology*, p. 1077-1084, 2007.

1. Mestranda em Recursos Naturais pela Universidade Estadual do Ceará, e docente do curso técnico em agronegócio do Instituto Federal do Ceará – IFCE feitoza_ana@hotmail.com

2. Doutora em Engenharia Civil/Saneamento Ambiental, Pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Ceará clea.figueiredo@embrapa.br

3. Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Ceará. morsyleide.rosa@embrapa.br

4. Mestre em Engenharia e Ciências de Materiais celsopires@ymail.com

Vol. 36 (Nº 10) Año 2015

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]