

## IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS NA PRODUÇÃO DE PELLETS

Flavio Numata Junior

*Universidade Positivo*

DOI: 10.47168/rbe.v26i4.578

Recebido em: 02.07.2020

Aceito em: 18.08.2020

### RESUMO

Fontes energéticas de origem fóssil não são sustentáveis e apresentam alto nível de emissões poluentes. As novas formas de geração de energia, sobretudo, provenientes de recursos florestais renováveis ou de subprodutos industriais, são consideradas alternativas com elevado potencial energético. Cerca de 60% do volume de resíduos da madeira bruta processada em indústrias de beneficiamento se transforma em alguma forma de desperdícios. O uso desse material representa uma solução racional e inteligente para o sistema produtivo e, principalmente, para a humanidade. Basicamente, este pequeno conjunto de informações explica porque a demanda por esta fonte de energia cresce 2,2% ao ano, podendo duplicar seu consumo nos próximos trinta anos. Por essas características e seu aproveitamento como subproduto ou resíduo industrial, os pellets, são produtos ecoeficientes. Neste sentido, como a produção de pellets no Brasil apresenta uma tendência de crescimento, torna-se importante avaliar os efeitos ambientais gerados durante sua fabricação. Assim, este artigo tem por objetivo mensurar os efeitos ambientais gerados nos processos de produção dos pellets derivados de madeira eucalipto. A metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) foi aplicado na fase industrial com uso da base de dados Ecoinvent e o método EcoIndicator 99 para especificar os impactos ambientais. Os resultados da pesquisa demonstram maior importância sobre os impactos causados na categoria de saúde humana do que na qualidade dos recursos do ecossistema. A operação de peletização apresentou a maior contribuição, com 61,2% dos impactos, causado pelo uso de combustíveis. Os resultados demonstram que a infraestrutura industrial dos processos de produção de pellets apresenta as menores contribuições.

Palavras-chave: Energia, Produção de pellets, Avaliação do ciclo de vida, Impactos ambientais.

## ABSTRACT

Energy sources of fossil origin are not sustainable and have a high level of polluting emissions. The new forms of energy generation, mainly from renewable forest resources or industrial co-products, are considered alternatives with high energy potential. About 60% of the volume of residues from raw wood processed in beneficiation industries turns into some form of waste. The use of this material represents a rational and intelligent solution for the productive system and, mainly, for humanity. Basically, this small set of information explains why the demand for this energy source grows by 2.2% per year, which could double its consumption in the next thirty years. Because of these characteristics and their use as a by-product or industrial waste, pellets are eco-efficient products. In this sense, as the production of pellets in Brazil has a growth trend, it is important to assess the environmental effects generated during its manufacture. In this sense, this article aims to assess the environmental effects in the production processes of pellets derived from eucalyptus wood. The Life Cycle Assessment (LCA) methodology was applied in the industrial phase using the Ecoinvent database and the EcoIndicator 99 method to specify environmental impacts. The research results demonstrate the importance of the impacts caused in the category of human health, greater than in the quality of ecosystem resources. The pelletizing operation contributes more, with 61.2% of the impacts caused by the fuel chain. The results demonstrate that the industrial infrastructure of the pellet production processes presents the smallest contribution.

Keywords: Energy, Pellets production, Life cycle assessments, Environmental impacts.

## 1. PELLETS DE MADEIRA

O pellet é um biocombustível granulado à base de biomassa vegetal moída e compactada em alta pressão. Para produzir o pellet podem ser utilizados vários tipos de biomassa vegetal, como as palhas de cereais, de algodão, milho, amendoim (FELFLI, WT AL., 2011; NILSONN; BERNESSEON; HANSSON, 2011; SUDGHAR), resíduos de base lignocelulósica, como o bagaço da cana-de-açúcar (LEHMANN ET AL., 2012; ZHOU, 2007; ALMEIDA; SOLA; BEHAINNE, 2014) ou o bambu (LIU et al., 2013; LOBOVIKOV ET AL., 2007).

A carga de emissões geradas pelos pellets é considerada pequena porque este produto tem produção próxima da área de extração com baixa taxa de emissões relacionadas ao transporte. Sua elevada densidade energética oferece melhor desempenho de uso. A quantidade de emissão de CO<sub>2</sub> por MJ, ao longo da cadeia que abrange

a produção, o transporte e combustão, é cerca de seis vezes menor que a do óleo combustível, quando comparado ao uso para aquecimento residencial (PINEL, 2013). Por essas características, os pellets são vistos como um dos principais produtos para que a União Europeia (UE) atenda a Directive 2009/28/EC. Assim os países europeus estimulam seu consumo, por meio de incentivos econômicos (LIDDELL, 2014). A produção mundial de pellets de madeira tem apresentado forte crescimento nos últimos anos. Em 2010 atingiu mais de 18 milhões de toneladas, e em 2015 foram 28 milhões (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA, 2017). A União Europeia é responsável por quase metade da produção mundial e, a seguir, o continente americano, na região norte, apresenta 32% da produção e, na região sul, o Chile e especialmente o Brasil, são os maiores produtores (BIOENERGY EUROPE; EPC, 2018). A América do Sul tem se apresentado como novo player mundial na produção de pellets com crescimento de mais de 300% nos últimos cinco anos.

Os processos industriais de produção de pellets são compostos por pré-processamento, secagem, moagem, processo de peletização, resfriamento, peneiramento e embalagem (REED ET AL., 2012). No processo produtivo cerca de 12% da biomassa são utilizadas como combustível para a secagem, 3% são eliminados durante o processo de fabricação, restando cerca de 85% da matéria prima efetiva para a transformação. Esta pesquisa explora, por meio da ACV, a etapa de industrialização para desenvolver soluções para melhorar o desempenho produtivo e ambiental da produção de pellets.

## 2. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

A ACV é uma metodologia que avalia sistematicamente a quantificação de fluxos de energia e de materiais associados a um produto ou serviço, ou seja, são determinados de forma quantitativa os impactos causados pela retirada de recursos e emissões para o meio ambiente ao longo de seu ciclo de vida (ISO, 2006). Os critérios das escolhas e pressupostos aplicados na ACV podem ser subjetivos. As fronteiras do sistema determinam o que deve ser atribuído diretamente à função do produto, na abordagem linear voltada para os fluxos físicos. Dessa forma, os estudos de ACV podem gerar resultados limitados quanto à acessibilidade ou disponibilidade de dados. Em linhas gerais, a ACV acrescenta valor ao processo de tomada de decisões pois quantifica o fluxo energético e de material do processo analisado (de produto ou serviço), contribuindo para o aumento da eficiência das etapas deste, melhorando a relação produto-meio ambiente.

Os métodos de AICV são divididos em dois grupos de acordo com sua abordagem: *midpoint* (ponto médio) e *endpoint* (ponto final). A metodologia *midpoint*, segundo Piekarski et al (2012), não representa

as consequências ambientais sobre o percurso ambiental das emissões contidas no inventário de ciclo de vida, mas são indicadores de impacto em potencial. Como exemplo de métodos que utilizam essa abordagem tem-se: EDIP, CML e TRACI. A AICV *endpoint* apresenta resultados finais caracterizando as consequências geradas nas categorias ao seu dano final, ligadas à relevância ambiental gerada. Nesta pesquisa sua relação está ligada a incidência sobre os recursos naturais. Essa característica é importante porque possibilita a integração no design do processo, portanto, gerando oportunidades de melhorias nos processos de industrialização. Os métodos Eco-indicator 99 e EPS tem aplicação ao ponto final. As aplicações dos AICV dependem da forma e do interesse do estudo conforme recomenda o relatório sobre avaliação dos métodos de AICV da Comissão Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2010). Os métodos para avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) avaliam a significância dos potenciais impactos ambientais coletados no inventário, fornecendo informações para a fase de interpretação do ciclo de vida (ABNT, 2009). Muitas metodologias são aplicadas para a AICV e boa parte desses métodos faz uso de cálculos em softwares no processamento dos dados disponíveis (NIGRI, 2012).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho utilizou dados de uma indústria de pellets localizada no estado do Paraná. A biomassa são os resíduos de madeira de eucalipto previamente picados na empresa fornecedora da matéria-prima. A preparação da biomassa inicia-se no processo de moagem para adequar as partículas ao processo de peletização. O secador tipo ciclone gera ar quente para a retirada da umidade da matéria-prima. As análises químicas e físicas avaliaram a lignina segundo a norma NBR 7989 (ABNT, 2010), o teor de umidade segundo a NBR 14929 (ABNT, 2013), o poder calorífico pela DIN 51900 (DIN, 2000) e granulometria pela EN 15149-1 (EN, 2010).

Na peletização as partículas são compactadas em dispositivos granuladores em condições controladas de temperatura e pressão para corte dos pellets em dimensões estabelecidas pela norma requerida de fabricação. Os parâmetros iniciais de peletização são o aquecimento até 1000C com pressão de 1,5 bar. A seguir, a cada ciclo produtivo, ocorre redução de 20% dos parâmetros de controle, devido ao processo entrar em regime estabilizado de produção. O processo de recalque envia o insumo por meio de rosca sem fim para os orifícios da matriz de peletização (diâmetro de 3 mm). A granulometria opera com 80% de partículas com dimensões apropriadas, de acordo com a norma ISO 17225-2 (ISO, 2014). Para a determinação da porcentagem de finos, o fluxo de ar tem pressão de 30 mbar e duração de 30 segundos. Posteriormente, as amostras sem finos são submetidas a outro fluxo

controlado de ar (70mbar) durante 60 segundos para verificação da durabilidade mecânica. O resfriamento ocorre de forma gradual na condição ambiente, sem acionamento de equipamentos, para não interferir nas propriedades mecânicas do produto.

Para a simulação da avaliação do ciclo de vida foi utilizado o software livre openLCA, versão 1.3.3, desenvolvido pela empresa GreenDelta®, uma consultora alemã independente de sustentabilidade e desenvolvedora de softwares. Foi utilizado o banco de dados BioEnergieDat desenvolvido pelo Instituto de Avaliação de Tecnologia e Análise de Sistemas (ITAS - Institute for Technology Assessment and Systems Analysis). Como a infraestrutura do sistema industrial é similar a alguns sistemas europeus, foi utilizado o processo de referência do banco de dados denominado Peletização de resíduos de madeira industrial, pellets de madeira A1, do tipo pinus conforme a norma DIN EN 14961-2 (DIN, 2010).

O sistema do produto, apresentado na Figura 1, considera a ACV do “portão ao portão”, ou seja, a avaliação na fase industrial, de produção dos pellets.

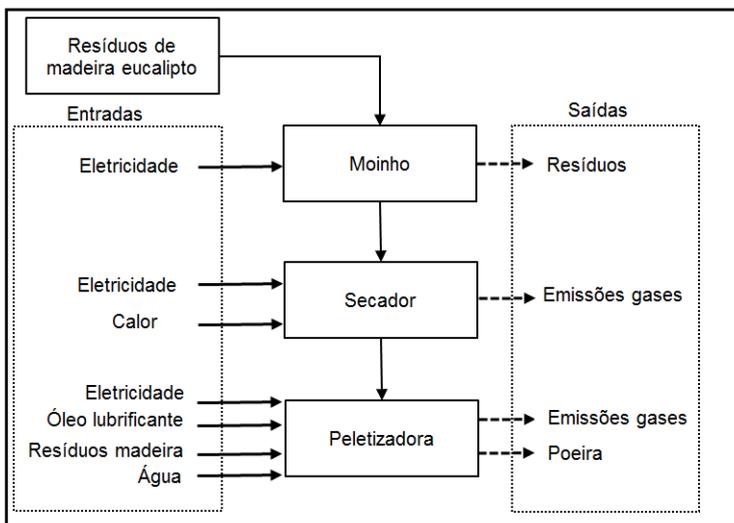


Figura 1 – Sistema do produto

As propriedades específicas do material e o coeficiente de rendimento de matéria por unidade do produto foi considerado do repositório do GreenDelta ®. A carga horária produtiva anual corresponde a 2.000 horas trabalhadas. A unidade funcional é conside-

rada para o período anual, do valor unitário convertido para 5.000 kg de pellets para obter um valor mais representativo dos efeitos gerados. O sistema do produto é do “portão ao portão”, na linguagem ACV, portanto, considera somente os processos de industrialização e desconsidera os recursos construtivos para indústria, para avaliar o desempenho dos processos industriais.

#### 4. RESULTADOS

A AICV foi realizada por meio do Ecoindicator, e demonstra a cadeia de causa-efeito do ciclo de vida nos pontos finais de danos causados. Os impactos ambientais são ponderados nas categorias de danos associados aos recursos, à qualidade do ecossistema e a saúde humana. A Figura 1 apresenta a ponderação dos danos associados aos impactos:

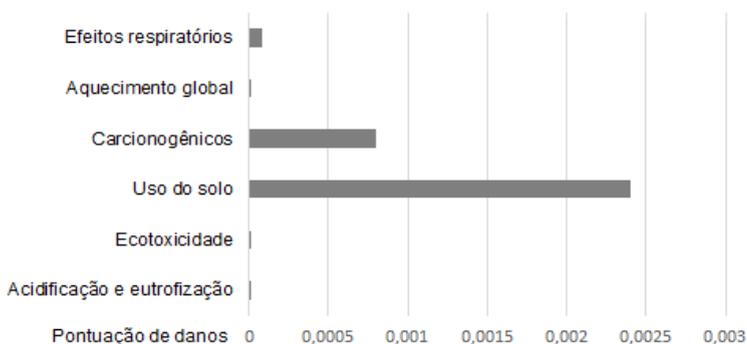


Gráfico 1 - Valoração dos danos nas categorias de impacto

Observa-se que a categoria de danos à qualidade do ecossistema pelo uso do solo e os danos à saúde humana nos efeitos carcinogênicos e respiratórios apresentam os maiores impactos ambientais. O efeito gerado no uso do solo está ligado na origem da matéria-prima, que é derivada de resíduos florestais. Se a produção de pellets concentrar o uso de resíduos de madeira, os impactos no ecossistema poderão ser minimizados.

As emissões atmosféricas são provenientes das descargas geradas na fornalha do secador. Nesta fase, os processos viabilizam troca de calor para o processo de secagem dos resíduos e redução do teor de umidade. O fluxo do gás presente na secagem segue para filtros

para evitar as emissões. Devido à retenção de umidade nas aletas dos filtros, sua eficiência funcional pode ficar comprometida, se não ocorrer manutenção periódica do dispositivo.

## 5. DISCUSSÕES

O elevado consumo de energia no processo industrial é o principal responsável pelas emissões atmosféricas. Este resultado também foi observado em pesquisas similares, com mais de 50% dos impactos gerados no processo de peletização, como na pesquisa de Greco (2017) e 61,2% no trabalho de Buratti e Fantozzi (2010). Em relação à matéria-prima, apesar da grande utilização no Brasil da madeira de eucalipto para produção de pellets, esse opção tem sido discutida. A presença de cloro no eucalipto é cerca de cinco vezes superior aos padrões permitidos na norma EnPlus. As substâncias inorgânicas e metais alcalinos são portadores de dioxinas que são altamente tóxicos, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS). Tal questão é objeto recente de estudos com patentes nacionais, registradas no Instituto de Propriedade Intelectual (INPI) e na Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO).

Os resultados deste trabalho corroboram os impactos gerados pelas emissões de gases tóxicos derivados das substâncias inorgânicas citadas. Por isso, a produção de pellets derivados de pinus, tem aumentado nos últimos anos. Os pellets produzidos por cultura agroenergética, como o bagaço de cana-de-açúcar, apresentam cerca de 8% de teor de cinzas (ALMEIDA ET AL., 2014), bastante superior ao limite especificado pela DIN EN 14961-1, enquanto o eucalipto apresenta menos de 1% de cinzas. Mas a fonte canavieira é objeto de pesquisas pela oferta abundante da biomassa e saldo positivo ao sequestro de carbono em seu ciclo de vida. A concentração de lignina e sílica na matéria-prima pode exigir a adição de substâncias ligantes, como gordura orgânica, para reduzir o atrito nas extrusoras e aumentar a vida útil das matrizes.

A regularidade nas dimensões das partículas favorece o processamento da peletização da biomassa porque ocorre menor abrasão na matriz do equipamento, contribuindo para a redução do consumo de energia no processamento. O processo de secagem reduz o teor de umidade e favorece o processo de prensagem, aumentando a densidade energética dos pellets, mas interferindo na taxa de emissões. Estudos indicam uma relação entre o teor de umidade ideal (5% a 10%) e o poder calorífico do pellet, e indicam a faixa de 60°C a 80° C para as temperaturas do processo (LI; LIU, 2000; UNGUREANU ET AL., 2018; UNPINIT ET AL., 2015).

O processo de torrefação para produção de pellets pode ser uma alternativa viável por aumentar o potencial energético com maior

concentração de carbono, sendo tema para futuras pesquisas.

## REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. F. P.; SOLA, A. V. H.; BEHAINNE, J. J. R. (2014) Análise físico-química do produto e processo de peletização da biomassa bagaço de cana-de-açúcar. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 4., 2014, Ponta Grossa. Anais... Ponta Grossa: [s. n.].

BURATTI, C.; FANTOZZI, F. (2010) Life Cycle Assessment Of Biomass Chains: Wood Pellet From Short Rotation Coppice Using Data Measured On A Real Plant. *Biomass and Bioenergy*, Elsevier, 2010, 34 (12), pp.1796.

DEUTSCHE INDUSTRIE NORM (DIN) (2010) DIN EN 14961-1: Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 1: General requirements. Alemanha.

EUROPEAN BIOMASS ASSOCIATION (AEBIOM) (2018) Bioenergy Europe Statistical Report 2018. Brussels. Disponível em: [www.bioenergyeurope.org](http://www.bioenergyeurope.org).

EUROPEAN COMMISSION (2010). ILCD Handbook: Analysing of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment. Ispra (VA) Italy: European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability.

EUROPEAN PELLET COUNCIL (EPC) (2013) Handbook for Certification of Wood Pellets for Heating Purposes. Version 2.0. [s. l.: s. n.].

FELFLI, F. F.; MESA, J. M.; ROCHA, J. D.; FILIPPETTO, D.; LUENGO, C. A.; PIPPO, W. A. A. Biomass briquetting and its perspectives in Brazil. *Biomass and Bioenergy*, Oxford, Inglaterra, v. 35, n.1, P. 236-242.

GRECO, F. (2017) Sistemi di gestione ambientale, di politica ed economia ambientale. Alma Mater Studiorum. Università di Bologna. Scuola di Scienze. Bologna, 2017.

ISO14040. (2006). Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. International Organization for Standardization.

LEHMANN, B. (2012) et al. Effect of Miscanthus addition and different grinding processes on the quality of wood pellets. *Biomass & Bioenergy*, Amsterdam, v. 44, p. 150-159.

LI Y.; LIU H. (2000) High pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel. *Biomass and Bioenergy*, vol. 19, 2000, pp. 177-186.

LIU, Z.; JIANG, Z.; CAI, Z.; FEI, B.; YU, Y.; LIU, X. (2013) Effects of carbonization conditions on properties of bamboo pellets. *Renewable Energy*, 51, p. 1-6.

MANI, S.; TABIL, L. G.; SOKHANSANJ, S. (2006) Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses. *Biomass & Bioenergy*, Amsterdam, v. 30, p. 648-654.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO) (2019). Aspectos técnicos da produção de pellets de madeira 1488 Ci. Fl., Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1478-1489, jul./set. 2019 Statistics Division Forestry Production and Trade. Roma: FAO, [2019]. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>>.

PINEL, J. (2013) La filière pellets en France: une filière à structurer dans un context d'internationalisation rapide du marché. Paris: E-CUBE strategy consultants.

PIEKARSKI, C. M. et al. (2012) Métodos de Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida: Uma discussão para a adoção de métodos nas especificidades brasileiras. *Revista Gestão Industrial*, v. 08, n.3, p.222-240.

REED, D.; BERGAMAN, R.; KIM, J.W.; TAYLOR, A.; HARPER, D.; JONES, D.; KNOWLES, C.; PUETTMANN, M. E. (2012) Cradle-to-Gate Life-Cycle Inventory and Impact Assessment of Wood Fuel Pellet Manufacturing from Hardwood Flooring Residues in the Southeastern United States. *Forest Prod J*, 62(4): 280-288.

UNGUREANU, N.; VLADUT, V.; VOICU, G.; DINCA, M-N.; ZABAVA, B-S. (2018) Influence of Biomass Moisture Content on Pellet Properties – Review. *Engineering for Rural Development*. Jelgava, 23-25. 2018, pp.1876-1883.

UNPINIT T.; POBLARP T.; SAILOON, N.; WONGWICHA, P.; THABUOT, M. (2015) Fuel properties of bio-pellets produced from selected materials under various compacting pressure. *Energy Procedia*, vol. 79, 2015, pp. 657-662.