

## Inventário do Ciclo de Vida do óleo de Macaúba (*Acrocomia aculeata*)

Alexandre Nunes Cardoso (Embrapa Agroenergia, alexandre.cardoso@embrapa.br), Thiago Oliveira Rodrigues (Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT, thiagoefl@gmail.com), Gilmar Souza Santos (Embrapa Agroenergia, gilmar.santos@embrapa.br)

**Palavras Chave:** Biodiesel, ICV.

### 1 - Introdução

Há demanda por diversificação de matérias-primas regionais para a produção de biodiesel no Brasil. Adicionalmente, há necessidade de introdução de culturas alternativas para produção de energia, em particular nas regiões mais carentes, como o Norte e Nordeste.

A proximidade entre a área de produção e fornecimento de biomassa e as unidades de processamento pode resultar em ganhos de eficiência e em impactos ambientais possivelmente mais baixos. No entanto, para garantir os benefícios socioambientais almejados para a população local o sistema deve contemplar outras ações que complementem a busca da sustentabilidade,

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma espécie promissora, devido ao seu elevado potencial de produtividade e amplas possibilidades para o uso de seus frutos, podendo gerar óleo para produção de biodiesel entre outros produtos. Embora o óleo extraído nas condições atuais seja originado da atividade extrativista, cultivos experimentais e mesmo comerciais estão em andamento em certas regiões, incluindo um cultivo experimental na região Nordeste coordenado pela Embrapa.

O cultivo em escala comercial da macaúba promove ganhos de produtividade, mas também resulta em elevação no consumo de insumos agrícolas e uso de maquinário. Esta mudança de cenário produtivo requer uma avaliação dos potenciais impactos ambientais.

O objetivo da pesquisa cujos resultados são aqui reportados foi quantificar as principais entradas e saídas de insumos, matérias-primas, combustíveis, emissões para o ar, para a água e para o solo durante o processo de produção de óleo da polpa de macaúba, em um cenário de cultivo dessa espécie.

### 2 - Material e Métodos

Baseado na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e seguindo a norma ISO 14040, foram considerados os seguintes passos:

Definição do escopo do processo, que inclui:

A função do sistema tecnológico é a produção de óleo bruto de macaúba extraído da polpa, para servir como matéria-prima para produção de biodiesel.

A unidade funcional (U.F.) do sistema é de 1 kg de óleo bruto, sendo que o fluxo de referência para macaúba coincide com a unidade funcional.

Os limites do sistema incluem a produção de sementes germinadas até o “portão” de extração de óleo de polpa da macaúba, ou seja, uma análise do “berço ao portão” (cradle-to-gate).

A cobertura geográfica do sistema é parcial, onde os principais processos foram modelados de acordo com a realidade regional da região, e os processos auxiliares vêm da base de dados (BD) do software GaBi, principalmente representando processos internacionais. As exceções se

referem ao processo de produção de diesel e eletricidade, representados por processos brasileiros dentro da base GaBi. Os processos de transporte são globais.

A cobertura temporal abrange processos com os dados a partir de 2012, estes de BD GaBi e principais processos com dados secundários de 2004 e alguns dados primários coletados em 2015, através de questionários e entrevistas.

A cobertura tecnológica também é parcial, e os principais processos representam tecnologias específicas do sistema em avaliação. Os processos auxiliares, a partir do BD, representam tecnologias europeias e americanas, que não são necessariamente aquelas usadas em casos similares no Brasil.

Os dados disponíveis relevantes foram coletados, sendo a maioria dos dados de entrada secundários, considerando que a cadeia ainda está em evolução. Os dados de saída foram calculados com base nos insumos, por meio de aplicação de equações e modelos relacionados ao tema, disponíveis na literatura técnica e científica. Nenhum critério de corte foi estabelecido.

### 3 - Resultados e Discussão

#### Análise do Inventário do Ciclo de Vida

Na fase agrícola foram considerados os seguintes processos: produção de mudas no pré-viveiro, produção de mudas no viveiro, plantio e manutenção da cultura. Na fase agroindustrial foi considerado um único processo de extração de óleo, modelado segundo manual específico para processamento de oleaginosas (DORSA, 2004). Os processos estão representados na Figura 1.

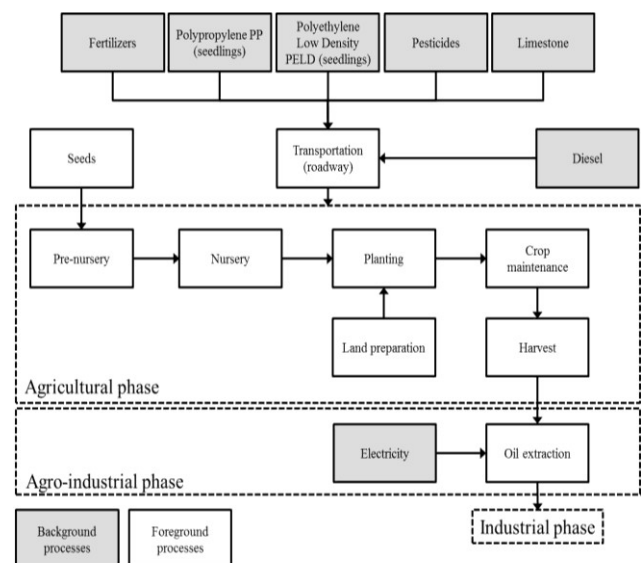


Figura 1: Fluxograma do Sistema de produção do óleo de polpa de macaúba, a partir do software GaBi.

A produção de sementes pré-germinadas de macaúba é realizada em uma empresa privada, que detém patente sobre o processo de germinação. Assim sendo, não foi possível a coleta de dados relativos a este processo, não tendo sido considerada a possível interferência deste processo.

Na fase de pré-viveiro as sementes pré-germinadas são depositadas em tubos plásticos de polipropileno, permanecendo por um período de 60 dias. Neste período as mudas são irrigadas (0,01 L/muda/dia), três vezes ao dia. Nesta fase é aplicado 0,19 kg de superfosfato simples (SSP) por muda. Há também duas aplicações de pesticida metomil, à dose de 7 L/palmeira, com 0,02% de ingrediente ativo. Nessa fase de pré-viveiro considerou-se que a água para irrigação é subterrânea e os tubos plásticos são reutilizados.

Na fase de viveiro as mudas são transplantadas para sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD). Esta etapa leva cerca de 300 dias. Durante esse período ocorrem aplicações de 0,016 kg de SSP, 0,012 kg de ureia e 0,013 kg de K<sub>2</sub>O por muda. A cada dois dias, as mudas são irrigadas com 0,1 L de água. Há também duas aplicações de pesticida metomil, à dose de 7 L/muda, com 0,02% de ingrediente ativo.

As emissões de nitrogênio foram consideradas, com base os fatores de emissão indicados por Malavolta (2006). Como resultado, para cada quilograma de nitrogênio aplicado, considerou-se a emissão de 0,08 kg de N<sub>2</sub>, 0,013 kg de N<sub>2</sub>O, 0,16 kg de NH<sub>3</sub>, 0,03 kg de NO e 0,05 kg de NO<sub>3</sub>.

Em relação ao uso da terra, considerou-se que se trata de área agrícola com mais de 20 anos de uso, sendo que no período de plantio da macaúba a área encontrava-se ocupada por vegetação secundária. Três sub-processos consecutivos são considerados no estabelecimento do cultivo da macaúba. O primeiro é o corte da vegetação secundária pelo uso de um trator pequeno, que consome cerca de 6 kg de diesel/ha. A segunda é a retirada das raízes remanescentes após o corte da vegetação, com um trator com consumo aproximado de 12 kg de diesel/ha. O último processo é a aração do solo, que consome cerca de 19 kg de diesel/ha. As estimativas de consumo de combustível diesel, e consequentes emissões, são originadas do banco de dados do GaBi.

Na fase de plantio, 351 mudas/ha são plantadas manualmente. Os sacos de plástico vão para um aterro sanitário. Para cada planta 0,2 kg de ureia, 0,04 kg de SSP e 0,15 kg de K<sub>2</sub>O são aplicados (Motoike et al., 2013). Em relação ao nitrogênio aplicado, são consideradas as mesmas taxas de emissões nitrogenadas relatadas para a fase de viveiro.

A manutenção da cultura consiste, basicamente, na aplicação de fertilizantes e controle de plantas daninhas. Neste modelo, o controle de ervas daninhas é realizado manualmente nas proximidades em torno das palmeiras e capina mecânica sobre as parcelas. Até o início da produção serão aplicadas doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio. Considerando o início da produção comercial no sexto ano após o plantio, nesse período serão aplicados: 1.740 g de uréia; 2.300 g de Superfosfato simples e 2.050 g de cloreto de potássio (Motoike et al., 2013).

A colheita é feita manualmente com o uso de foice para cortar os cachos de frutos macaúba. Uma produtividade média conservadora para macaúba varia entre

é de 15 toneladas de frutos por hectare. Para o sistema considerado, com o plantio de 351 palmas/ha, considerando-se, em média, cinco cachos por planta, 250 frutos/cacho e 30 g/fruto, a produtividade resultaria em 13,2 toneladas de frutos/ha. Estes valores são convertidos em CO<sub>2</sub> sequestrado a partir da relação entre o peso seco (66%), teor em carbono (48%) e o fator de conversão de CO<sub>2</sub> para C, 44/12 ou 3,67 (GOLDEN, 2011). Assim sendo, com base nesses índices, haveria sequestro de cerca de 15 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente/ha. Tal estimativa para os frutos, a partir do início da produção, em adição ao carbono sequestrado nos troncos das palmeiras, indica um potencial significativo de mitigação do aquecimento global.

Para o propósito da produção de biodiesel foi considerado nesta análise apenas o óleo extraído da polpa, estimado em 27% do peso do fruto. Sabe-se, no entanto, que há potencial para obtenção de maiores quantidades de óleo, dependendo do tipo de macaúba e da tecnologia empregada. O óleo também pode ser extraído da amêndoa, mas como esta apresenta aptidão para obtenção de outros produtos de maior valor, não foi considerado neste estudo.

Diferentes subprocessos são considerados na extração do óleo a partir da polpa dos frutos. Após a remoção da casca, ocorre o despulpamento mecânico, ou seja, a separação da polpa que consiste na matéria-prima para óleo. Esta polpa é submetida a um processo de prensagem mecânica para a extração do óleo. A prensa, marca ECIRTEC, com 12,5 cavalos de potência e capacidade de 100 kg/h, é movida a eletricidade a partir da rede local. Com base nos índices relatados, o rendimento de óleo é de 3,6 toneladas/ha.

Para o escopo considerado, em um cenário de cultivo, espera-se que o perfil ambiental do óleo de macaúba seja significativamente influenciado pela fase agrícola. De forma positiva, por um lado, em razão da alta produtividade da macaúba e consequente taxa de sequestro de carbono. Por outro lado, de maneira negativa, em razão da adição de fertilizantes e potencial aumento na mecanização em cultivo.

#### 4 – Conclusões

A estimativa de sequestro de 15 ton de CO<sub>2</sub> equivalente por hectare/ano nos frutos, em adição ao carbono sequestrado nos troncos das palmeiras, indica um potencial mitigação do aquecimento global.

Para avaliação dos potenciais impactos do ciclo de vida, faz-se necessário o detalhamento dos subprocessos na fase agroindustrial.

#### 5 – Agradecimentos

ICRAF and IFAD, Embrapa

#### 6 - Bibliografia

- DORSA, R.(2004) *Tecnologia de Óleos Vegetais*. Campinas: Ideal. 464 p.  
MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. (2006). O nitrogênio na agricultura brasileira. *Série de Estudos e Documentos*– SED-70. CETEM/MCT. 74 p.  
MOTOIKE, S. Y.; CARVALHO, M. C.; PIMENTEL, L. D.; KUKI, K. N.; PAES, J. M. V.; DIAS, H. C. T.; SATO, A. Y. *A cultura da macaúba: implantação e manejo de cultivos racionais*. Viçosa-MG: Editora UFV, 2013. 61p.