

## ANÁLISE ENERGÉTICA DO SISTEMA DE CULTIVO DA MAMONEIRA CONSORCIADA COM GERGELIM

Fábio Aquino de Albuquerque<sup>1</sup>, Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão<sup>1</sup>, Natássya Nyuska Cabral de Lima<sup>2</sup>, José Ronilmar de Andrade<sup>2</sup>, Emanuelle Barros Sobral de Melo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Algodão, fabio@cnpa.embrapa.br; napoleão@cnpa.embrapa.br,

<sup>2</sup>UFCG, natassya.nyuska@hotmail.com; emanuelle-sobral@hotmail.com

**RESUMO** - A dependência da energia fóssil está em todas as atividades do homem. Na agricultura essa dependência é mais nítida ainda devido a utilização de diversos equipamentos e insumos. Neste estudo, objetivou-se avaliar o impacto da contribuição dos tipos de energia (biológica e fóssil) no sistema de produção da mamoneira consorciado com o gergelim. As informações sobre os sistemas de produção utilizados foram aqueles conseguidos a partir de pesquisas realizadas na Embrapa Algodão, sendo avaliados os sistemas mamona + gergelim adubado e não adubado. Para este estudo, os insumos e equipamentos utilizados, assim como o custo energético da mão-de-obra, foram convertidos em unidades energéticas e uniformizados para quilocaloria (kcal). Ambos os sistemas avaliados foram positivos do ponto de vista energético. No caso da mamoneira + gergelim sem adubação os valores foram de 6,89 para eficiência energética, balanço energético de 3583302,3 kcal e relação saída/entrada de energia de 7,89. Os valores para o sistema com adubação foram 3,08 para eficiência energética, 4461108,3 para o balanço energético e 4,08 para a relação saída/entrada de energia. A energia fóssil foi a mais demandante, sendo no que caso do sistema adubado o nitrogênio contribuiu com 56% de todo esse tipo de energia.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade agrícola, agricultura familiar, biodiesel.

### INTRODUÇÃO

A mamoneira é a principal cultura para produção de matéria prima para o biodiesel no semi-árido brasileiro. Tem-se que ainda a produtividade não é suficiente para se converter em benefícios para o pequeno agricultor caso este queira cultivar apenas a mamoneira. Uma forma de tentar incrementar a renda nessas pequenas propriedades é através do cultivo consorciado com culturas alimentares, que além de poderem ser utilizadas na própria alimentação da família, ainda pode ser uma fonte extra de renda.

Para que o sistema seja sustentável é necessário que estudos sejam conduzidos de maneira a mensurar essa sustentabilidade. Uma forma de se determinar a sustentabilidade é através do estudo da eficiência energética do sistema. Essa eficiência vai determinar se o sistema produtivo está contribuindo com aquilo que é preconizado para uma produção de biocombustível a partir de oleaginosa, que é a energia contida no produto final maior que a quantidade de energia que entra para produzi-la (CASTANHO FILHO; CHABARIBERY, 1983).

O balanço energético visa estabelecer os fluxos de energia, refletido pelo ganho líquido e pela

relação saída/entrada. A estimativa dos balanços de energia e de eficiência energética são importantes instrumentos no monitoramento da agricultura ante o uso de fontes de energia não renováveis (BUENO et al., 2000).

A eficiência é medida pelo balanço de energia ou pela relação *output/input*, a qual é conduzida determinando-se a quantidade de energia obtida na forma de produto em relação à energia cultural utilizada no sistema para produzi-lo (HEITSCHMIDT et al., 1996). A saída de energia é determinada pela conversão direta do rendimento de produtos (kg de grãos) em energia (kcal ou kJ). A entrada de energia é determinada através da quantificação energética de todas as operações e insumos que são aplicados para produção. As fontes de energia podem ser classificadas como biológica e fóssil. O primeiro tipo é basicamente onde se enquadram o trabalho humano, de animais e as sementes. As fontes de origem fóssil, geralmente são aquelas presentes nos insumos (adubo, inseticidas, máquinas, entre outras).

A importância da análise do balanço energético é fornecer informações necessários para mensurar, interpretar e subsidiar a tomada de decisões (COMITRE, 1993).

A relação entre o *input* e o *output* de energia em diferentes sistemas de produção vegetal naqueles associados à produção de subsistência, o balanço de energia cultural tende a ter valores positivos mais altos que nas de padrão mais intensivo e de caráter comercial (BOWMAN 1980).

Pimentel et al. (1973) verificaram um decréscimo de 3,7, em 1945 a 1970, para 2,8, em 1970, apesar do rendimento médio do milho ter aumentado aproximadamente 2,4 vezes, a média dos insumos energéticos utilizados aumentou de 0,9 para 2,9 milhões de kcal (3,1 vezes). Albuquerque et al. (2007), verificaram o algodoeiro apresenta uma variação de 1,00 e 4,5 em diferentes sistemas de cultivo, sendo aqueles menos intensos em entrada de energia os mais eficientes.

Das várias atividades presentes nos agroecossistemas e que consomem energia cultural, destacam-se a irrigação, a manufatura dos fertilizantes químicos, o uso de combustíveis e a fabricação da maquinaria agrícola (PIMENTEL et al., 1973). Dentre os fertilizantes químicos, os adubos nitrogenados destacam-se por geralmente serem adicionados em maiores quantidades, quando comparados aos potássicos e fosfatados, e por consumirem maior quantidade de energia na fóssil para sua manufatura (2,00; 0,33 e 0,21kg de combustível fóssil/kg de fertilizante nitrogenado, fosfatado e potássico, respectivamente) (FAO, 1980).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência energética da etapa agrícola do consórcio mamoneira com gergelim, visando subsidiar medidas para melhoria do sistema produtivo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os coeficientes técnicos para o sistema produtivo foram obtidos de acordo com as técnicas de cultivo preconizado pela Embrapa Algodão.

As variáveis de entrada e saída foram convertidas em quilocaloria (kcal) para efeito de uniformização dos cálculos. Um quilo de semente de mamona encerra 4544,6 kcal, e um quilo de sementes de gergelim tem 571,5 kcal. Para nitrogênio, fósforo e potássio são 14930 kcal/kg, 2300 kcal/kg e 2190 kcal/kg, respectivamente. Para o calcário obteve-se com 398,9 kcal/kg. Inseticidas, herbicidas e formicidas apresentaram valores de 74300 kcal/kg, 83090 kcal/kg e 21340 kcal/kg, respectivamente. Um trabalhador rural consome em torno de 225 kcal por hora trabalhada e considerou-se uma jornada de trabalho de oito horas/dia. Um animal consome aproximadamente 1575 kcal/h. O consumo de combustível foi de 7,0 l/hora e o óleo diesel com um valor energético de 9583 kcal/l. Para mensurar a quantidade de energia fóssil embutida nas máquinas e equipamentos, utilizou-se a Demanda Energética Específica (DEE) segundo a metodologia de Ulbanere e Ferreira (1988) e Freitas et al. (2006), assim para um trator com 65 cv de potência a DEE foi de 4322,70 kcal/h.

Para avaliar a sustentabilidade energética dos sistemas foram calculados os seguintes índices:

- Eficiência energética:  $E.E. = \frac{\text{Energia contida no produto final} - \text{Energia consumida na produção}}{\text{Energia consumida na produção}}$ ;
- Balanço energético:  $B.E. = \text{Energia contida no produto final} - \text{Energia consumida na produção}$  e a
- Relação Entrada/Saída de energia.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consórcio mamona + gergelim sem adubação obteve uma eficiência energética de 6,89, com um saldo energético de 3583302,3 kcal e relação saída/entrada energética de 7,89 (Tab. 1), ou seja para cada kcal que entra no sistema são geradas aproximadamente 8 kcal, para um produtividade de 840 kg/ha de mamona e 500 kg/ha de gergelim. Este saldo é benéfico do ponto de vista de produção de biodiesel, pois credita a etapa industrial, favorecendo a sustentabilidade do biocombustível produzido. Os insumos que demandaram maior energia foram o óleo diesel e os inseticidas.

Para o sistema mamona + gergelim adubado, verificou-se que 92% da energia que entrou no sistema foi de origem fóssil, se comparado com o não adubado, sendo essa maior participação em função principalmente da demanda energética do adubo nitrogenado. Este representou 56% de toda energia de origem fóssil consumida (Tabela 1). A produtividade para este sistema foi de 1200 kg/ha para mamona e 800 kg/ha de gergelim (EMBRAPA ALGODÃO, 2006).

Para a cultura do algodoeiro o sistema de produção da agricultura familiar apresentaram melhores resultados do que o sistema de grandes produtores, apesar das diferenças na produtividade (ALBUQUERQUE, 2007).

Apesar de positivo, o saldo energético do sistema adubado, deve-se observar que a relação entre a entrada e a saída de energia do sistema foi praticamente a metade do sistema sem adubação. Este aspecto reforça a idéia da substituição do nitrogênio por outra fonte de adubo menos dispendiosa energeticamente, seja ela de origem natural ou sintética. Para que se tenha uma viabilidade econômica e também energética é necessário que sejam realizadas modificações no sistema de produção visando uma maior sustentabilidade não só econômica, como energética. Isto está de acordo com o que tem sido demandado pela sociedade, que deseja consumir melhores produtos, mas com melhores condições de produção.

O fato da energia fóssil representar tanto no consumo energético dos sistemas produtivos, deve-se a grande demanda desse tipo de energia para a produção dos insumos necessários para uma produção satisfatória. Os valores podem variar entre as regiões, mas deve-se atentar para tentar promover soluções menos dependentes de energia fóssil mantendo os mesmos níveis de produtividades. Este sistema mamona + gergelim é tipicamente familiar o que já é uma vantagem, pois demanda pouca energia biológica, assim melhorias neste sistema são mais fáceis de serem incorporadas de maneira a promover uma melhor condição de produtividade com maior sustentabilidade.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, F. A.; BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, D. G. **Análise energética do algodoeiro na agricultura familiar em diferentes regiões nos estados do Ceará e do Mato Grosso do Sul.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 16 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 116).

BUENO, O. C.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: AVANCES en Ingeniería Agrícola. Buenos Aires : Editorial Facultad de Agronomía, 2000. p.477-482.

CASTANHO FILHO, E. P.; CHABARIBERY, D. Perfil energético da agricultura paulista. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 30, t.1 e 2, p. 63-115, 1983.

COMITRE, V. **Avaliação energética e aspectos econômicos da filière soja na região de Ribeirão**

**Preto-SP.** 1993. 152 f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola/Planejamento Agropecuário) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

EMBRAPA ALGODÃO. **Consórcio mamona+gergelim.** Embrapa Algodão, Campina Grande-PB, 2005. 1 Folder.

FAO. **Energia para la agricultura mundial.** parte 2: los flujos energéticos en la agricultura. Roma, 1980. p. 43-94. (Colección FAO: Agricultura, 7.)

FREITAS, S. M., OLIVEIRA, M. D. M., FREDO, C. E. Análise comparativa do balanço energético do milho em diferentes sistemas de produção. In: CONGRESSO DA SOBER, 64., Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: Sober, 2006, p. 1-13. Disponível em: <[www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=6832](http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=6832)> Acesso em 05 abr. 2007.

HEITSCHMIDT, R. K., SHORT, R. E., GRINGS, E. E. Ecosystems, sustainability, and animal agriculture. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 1395-1405, 1996.

PIMENTEL, D. et al. Food production and the energy crises. **Science**, New York, v. 182, p.443-449, 1973.

ULBANERE, R. C.; FERREIRA, W. A. Análise do balanço energético para a produção de milho no estado de São Paulo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 4, n. 1, p. 35-42, 1988.

**Tabela 1.** Dispendio energético para cultivo da mamoneira consorciada com gergelim, com e sem

adubação.

Consórcio sem adubo			Consórcio com adubo		
Tipo de energia	Entradas		Tipo de energia	Entradas	
	kcal	%		kcal	%
Biológica		28	Biológica		8
Sementes	28982,1		Sementes	28982,1	
Semeadura	10800		Semeadura	10800	
Colheita e beneficiamento	51862,5		Colheita e beneficiamento	51862,5	
Aplicação de inseticidas	3600		Aplicação de inseticidas	3600	
Capinas manual	37800		Capinas manual	37800	
Capinas animal	10125		Capinas animal	10125	
			Aplicação de fertilizantes	3600	
Fóssil		72	Fóssil		92
Combustível	172494		Combustível	172494	
Aração e Gradagem	12968,1		Aração e Gradagem	12968,1	
Inseticida	148600		Inseticida	148600	
Formicida	42680		Formicida	42680	
			Fertilizantes	926100	
<b>Total</b>	<b>519911,7</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>1449611,7</b>	<b>100</b>
Energia do produto (mamoma + gergelim)	4103214		Energia do produto (mamoma + gergelim)	6771830	
Eficiência energética	6,89		Eficiência energética	3,08	
Balanco energético	3583302,3		Balanco energético	4461108,3	
Entrada/saída de energia	7,89		Entrada/saída de energia	4,08	