

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SISTEMA DE CULTIVO DA MAMONEIRA CONSORCIADA COM FEIJÃO

Fábio Aquino de Albuquerque¹, Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão¹, Natássya Nyuska Cabral de Lima², José Ronilmar de Andrade², Emanuelle Barros Sobral de Melo²

¹Embrapa Algodão, fabio@cnpa.embrapa.br; napoleão@cnpa.embrapa.br,

²UFCG, natassya.nyuska@hotmail.com; emanuelle-sobral@hotmail.com

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar a sustentabilidade energética do sistema produtivo do consórcio mamona + feijoeiro. para isto, foram quantificados os tipos de energia demandantes para os sistemas estudados. os tipos de energia foram classificados como fóssil e biológica. os insumos e equipamentos utilizados, assim como o custo energético da mão-de-obra, foram convertidos em unidades energéticas e uniformizados para quilocaloria (kcal). observou-se que a demanda energética dos sistemas de produção é sempre maior para aquela de origem fóssil, variando apenas qual insumo é mais demandante. no caso do sistema sem adubação o maior demandante energético foi o óleo diesel, seguido dos inseticidas. já para o sistema adubado, destacou-se a demanda energética contida na adubação nitrogenada. assim, são necessários estudos que procurem minimizar essa dependência da energia fóssil, principalmente nos sistemas demandantes de adubos nitrogenados. dentre as alternativas, tem-se a introdução de coberturas verdes no sistema para incorporação de nitrogênio de maneira mais sustentável.

Palavras-chave: Sustentabilidade energética, agricultura familiar, sistema de produção.

INTRODUÇÃO

A mamoneira é a principal cultura para produção de matéria prima para o biodiesel no semi-árido brasileiro. O maior produtor é o estado da Bahia que encerra cerca de 85% da produção nacional. Tradicionalmente, o seu cultivo é feito em consórcio com feijão o qual muitas vezes é plantado na mesma época da mamoneira, prejudicando assim o rendimento desta última. Por outro lado o cultivo solteiro apresenta uma baixa eficiência do uso da terra, assim o plantio consorciado deve ser estimulado, principalmente com culturas alimentares. O consórcio além de ser benéfico do ponto de vista de econômico, ainda trás benefícios para o manejo do solo incorporando matéria orgânica e principalmente nitrogênio.

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 0,21 kg de combustível fóssil/kg de fertilizante nitrogenado, fosfatado e potássico, respectivamente) (FAO, 1980).

A sustentabilidade de um sistema de produção é medida geralmente pela análise econômica, onde são levantados os custos de produção e a produtividade. Os índices gerados dão uma boa idéia da auto-suficiência do sistema produtivo. Entretanto, além desse tipo de análise tem-se ainda o estudo da eficiência energética, que atualmente tem despertado interesse pelo fato da mamoneira ser matéria prima fundamental para a produção de biodiesel. 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), sendo determinada pela 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, sendo classificadas como biológica e fóssil. A importância da análise energética é fornecer indícios e informações necessárias para mensurar, interpretar e subsidiar a tomada de decisões (COMITRE, 1993). O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência energética da etapa agrícola do consórcio mamoneira com feijão, visando subsidiar medidas para melhoria do sistema produtivo.

MATERIAL E MÉTODOS

As recomendações técnicas e os coeficientes técnicos para o sistema produtivo foram de acordo com o preconizado pela Embrapa Algodão. Sendo o espaçamento para a mamoneira de 3x1 e o consorte no espaçamento 0,5 x 0,2. Este estudo envolveu o sistema de produção adubado e não adubado, para o primeiro foram utilizados 50 de nitrogênio, 40 de fósforo e 40 de potássio.

As variáveis de entrada e saída foram convertidas em quilocaloria (kcal) para efeito de uniformização dos cálculos. Assim, para um quilo de semente de mamona temos 4544,6 kcal e para um quilo de sementes de feijão 4000 kcal. Para a produção de 1 quilo de adubo nitrogenado, fosfatado e potássico são 14930 kcal/kg, 2300 kcal/kg e 2190 kcal/kg, respectivamente e para o calcário tem-se 398,9 kcal/kg. Inseticidas, herbicidas e formicidas apresentaram valores de 74300

kcal/kg, 83090 kcal/kg e 21340 kcal/kg, respectivamente. Para um trabalhador rural o consumo é de 225 kcal por hora trabalhada e considerou-se uma jornada de trabalho de oito horas/dia. Um animal (boi) consome aproximadamente 1575 kcal/h. O consumo de combustível foi de 6,0 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 sistema de consórcio mamona + feijão sem adubação obteve uma eficiência energética de 8,47, apresentando ainda um saldo energético de 4487504,3 kcal, e uma relação saída/entrada de 9,47. Já para o mesmo sistema com adubação os valores foram 3,64, 5312170,3 kcal e 4,64 respectivamente (Tabela 1). A produção estimada para os sistemas foi de 840 kg/ha de mamona e 300 kg/ha de feijão, sem adubação e 1050 kg/ha e 500 kg/ha, no sistema adubado.

As fontes de energia fóssil representaram 71% da demanda energética do sistema sem adubação, sendo os inseticidas e o óleo diesel as formas mais demandantes de energia. Para o sistema adubado a energia fóssil constituiu 89% da demanda energética, sendo a maior demanda por conta do nitrogênio contribuindo com 51% do total da energia fóssil, seguido do óleo diesel com 12%.

Pode-se constatar uma elevada sustentabilidade para os sistemas estudados, mesmo considerando uma produção média baixa. A vantagem do sistema sem adubação deve-se, exclusivamente, a elevada demanda energética para produção do nitrogênio utilizado no sistema adubado, promovendo assim uma redução significativa na eficiência energética para este sistema. Entretanto, de uma maneira geral a energia de origem fóssil, seja direta (óleo diesel) ou indireta (fertilizantes, produtos fitossanitários, etc) é a que mais encarece energeticamente os sistemas de produção. Nos sistemas estudados deve-se verificar que apenas a mamona serviria para produção de biocombustível, sendo o feijão apenas para alimentação humana. Neste caso o saldo energético do

biocombustível será menor que em sistemas de cultivo onde ambas espécies poderão ser utilizadas para produção de biodiesel.

CONCLUSÃO

Com este estudo pôde-se observar a dependência, dos sistemas produtivos, da energia fóssil, seja direta ou indireta. No sistema adubado percebe-se o peso adubação nitrogenada na eficiência energética do mesmo. Isto é um indicativo de que pesquisas precisam ser realizadas visando a substituição ou minimização dessa dependência, de modo a melhorar o saldo energético do biocombustível proveniente dos sistemas produtivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

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: CONGRESO DA SOBER, 64., Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: Sober, 2006, p. 1-13. Disponível em: <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 feijoeiro, com e sem adubação.

Consórcio sem adubo			Consórcio com adubo		
Tipo de energia	Entradas		Tipo de energia	Entradas	
	kcal	%		kcal	%
Energia Direta			Energia Direta		
 Biológica			 Biológica		
Sementes	67267,6	30	Sementes	67267,6	11
Semeadura	9000		Semeadura	9000	
Colheita e beneficiamento	39600		Colheita e beneficiamento	39600	
Aplicação de inseticidas	3600		Aplicação de inseticidas	3600	
Capinas manual	27000		Capinas manual	27000	
Capinas animal	6750		Capinas animal	6750	
Energia Indireta			Energia Indireta		
 Fóssil			 Fóssil		
Combustível	172494	70	Combustível	172494	89
Aração e Gradagem	12968,1		Aração e Gradagem	12968,1	
Inseticida	148600		Inseticida	148600	
Formicida	42680		Formicida	42680	
			Fertilizantes	926100	
Total	529959,7	100,0	Total	1459659,7	100,00
Energia do produto (mamoma + feijão)	5017464		Energia do produto (mamoma + feijão)	6771830	
Eficiência energética	8,47		Eficiência energética	3,64	
Balanco energético	4487504,3		Balanco energético	5312170,3	
Entrada/saída de energia	9,47		Entrada/saída de energia	4,64	