

Análise energética de sistemas de produção de soja convencional e orgânica

Energetic analysis of conventional and organic soybean production systems

Adriane Assenheimer¹
Alessandro Torres Campos²
Affonso Celso Gonçalves Júnior³

Resumo

Este ensaio foi realizado através da coleta de dados obtidos nas fazendas Agroecológica e Kestring, referentes às culturas de soja implantadas em sistemas orgânico (SO) e convencional (SC) safra 2003/2004, com o objetivo de realizar uma análise energética comparativa entre os dois sistemas, observando os fatores: conversão energética; balanço energético e eficiência energética. O SC apresentou um valor de conversão energética de 7,81, sendo este superior ao encontrado no SO, cujo valor foi de 4,40. Em relação à eficiência energética encontrada no SC foi de 130540,80 MJ.ha⁻¹, sendo 41% superior ao SO. A avaliação do balanço energético no SO obteve um total de 41689,04 MJ.ha⁻¹, enquanto o SC apresentou 113817,37 MJ.ha⁻¹. A eficiência energética consumida pelo sistema para a produção de um hectare foi de 12254,44 MJ (orgânico) e 16723,43 MJ (convencional). O maior consumidor de energia no SO foi o fertilizante, com 5408,63 MJ.ha⁻¹ - 44,14% do total de energia consumida. Para o SC o herbicida gastou 8837,73 MJ.ha⁻¹ representando 52,85% da energia consumida. O componente biológico - mão-de-obra - participou com apenas 2,98% do total de energia inserida no SO e, com 1,08% no SC.

Palavras-chave: balanço energético; sistema convencional e orgânico; sustentabilidade.

1 M. Sc.; Química; Professora do Colégio Estadual Margarida, Marechal Cândido Rondon; E-mail: adrianeassenheimer@yahoo.com.br

2 Dr.; Engenheiro Agrícola; Professor do Setor de Construções Rurais e Ambiente da Universidade Federal de Lavras-UFLA; E-mail: atcampos3@yahoo.com.br

3 Dr.; Químico Industrial; Professor do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE; E-mail: affonso133@hotmail.com.br

Abstract

Our experiment was accomplished on the basis of data obtained at Kestring and Agroecology Farms, and pertinent to the soybean cultures implanted in organic (OS) and conventional systems (CS), crops of years 2003 and 2004. Our objective was to make an energy comparative analysis of those two systems, observing the following factors: energy conversion; energy balance and energy efficiency. The CS presented an energy conversion value of 7,81, which was higher than the 4,40 value we found at OS. The energy efficiency found at CS was 130540,80 MJ.ha-1 being 41% higher than the OS value. The monitoring of energy balance at OS showed a total of 41689,04 MJ.ha-1, while the CS presented 113817,37 MJ.ha-1. The energy efficiency consumed by the system for the production of one hectare was 12254,44 MJ (organic) and 16723,43 MJ (conventional). The biggest consumer of energy at OS was the fertilizer, with 5408,63 MJ.ha-1 - 44,14% of total consumed energy. Regarding the CS, the herbicide spent 8837,73 MJ.ha-1 acting in 52,85% of the consumed energy. The biological component – human labor - participated with just 2,98% of total energy inserted at OS and, with 1,08% at CS.

Key words: energy balance; organic and conventional systems; sustainment.

Introdução

A necessidade em se produzir alimentos, para atender a demanda crescente da população, vem se constituindo em um grande problema. Com o objetivo de amenizar estes problemas, surgem inovações tecnológicas agrícolas que visam o aumento da produtividade, demandando, na maioria dos casos, uma maior quantidade de energia nos sistemas de produção. Esse aumento na energia requerida é suprido pelo uso de energia fóssil, tendo em vista uma maior utilização de insumos como fertilizantes, defensivos, máquinas e equipamentos. A preocupação com o gasto dessa energia se deve ao fato da escassez dos recursos energéticos, o que está ameaçando

a sustentabilidade dos sistemas de produção.

A agricultura, como um meio de converter energia solar em alimentos, necessita de outras fontes de energia, sobressaindo-se os fertilizantes e os defensivos agrícolas, insumos, geralmente derivados do petróleo. O modelo econômico brasileiro é dependente da energia fóssil, como os combustíveis, lubrificantes e nutrientes (ULBANERE e FERREIRA, 1989).

A partir da década de 70, com o aumento dos preços do petróleo e o declínio das grandes reservas conhecidas, associados ao uso intensificado desta energia, tornou-se vital a procura de novas fontes de energia e a reformulação dos sistemas de produção dependentes

dessa matéria-prima (MESQUITA et al., 1982; IGUE, 1980).

Os combustíveis derivados do petróleo usados nos diversos sistemas de produção de alimentos impulsionaram os custos da produção (ULBANERE e FERREIRA, 1989). Fator este, que motivou a realização de diversas pesquisas desenvolvidas com a finalidade de analisar e avaliar a eficiência energética das produções, como descrevem Castanho Filho e Chabaribery (1983) e Campos et al. (2004).

De acordo com Castanho Filho e Chabaribery (1982), o conhecimento das diferentes formas de consumir energia nos diversos sistemas agrícolas é fundamental para a definição de novas políticas de estímulos à produção ou de restrição de seu consumo, em função da importância estratégica que a mesma ocupa como possível transformadora de um excedente energético para outros setores econômicos.

Determinar a melhor estratégia de manejo dos sistemas agrícolas depende da análise das condições ambientais específicas, bem como dos dados de balanços energéticos e econômicos. Assim, para Carmo et al. (1988), Comitre (1993) e Campos et al. (2004), um dos instrumentos básicos capazes de maximizar os ganhos energéticos é o melhor conhecimento da relação produção/consumo de energia na produção agrícola, tanto quanto a sua análise econômica.

Segundo Pimentel (1980), uma das formas mais adequadas para avaliar o nível de produção/consumo da agricultura de uma região estável é a análise de seus

fluxos de energia associada às diversas atividades realizadas nos sistemas.

Com o passar do tempo, novas formas de estimar a produção e o consumo de energia nas operações que compõem os sistemas agrícolas, foram observadas por Mesquita et al. (1982); Bueno et al. (2000) e Zanini et al. (2003), os quais reforçaram a viabilidade deste processo. Um dos primeiros trabalhos com esta finalidade foi realizado na década de 30 por Dajor (1979).

Dentre as várias atividades agrícolas, a cadeia agroindustrial da soja brasileira recebe destaque em relação aos outros setores produtivos, com excelentes resultados tanto no mercado nacional como internacional, segundo observações de Fendrich (2002).

Porém, existem dúvidas sobre a melhor forma de avaliar o sistema de produção em relação ao balanço energético na produção de soja em sistemas orgânicos e convencionais. De acordo com Campos e Campos (2004), o balanço energético visa estabelecer os fluxos de energia, identificando a demanda total e eficiência, refletida pelo ganho líquido e pela relação saída/entrada. Nesse processo, quantificam-se todos os insumos utilizados e produzidos que são transformados em unidades de energia.

Do Carmo et al. (1988) observaram as relações produção/consumo calóricos por propriedades ditas alternativas (produção orgânica), analisadas como um sistema global de produção. Nesses sistemas, as fontes calóricas de origem biológica foram mais importantes que as fósseis e representaram tecnologias de menores impactos ambientais e sociais.

O desenvolvimento da agricultura orgânica, de acordo com Zonin et al. (2001), vem ganhando relevante importância no contexto ambiental, podendo ser considerada uma alternativa que adota tecnologia que otimiza o uso dos recursos naturais e minimiza a dependência de energias não renováveis, diminuindo sensivelmente o emprego de produtos químicos altamente solúveis.

A conversão dos atuais sistemas agrícolas para sistemas orgânicos constitui uma importante iniciativa no sentido de se buscar a sustentabilidade. Neste contexto, as análises energéticas se apresentam como uma metodologia fundamental para a comparação dos sistemas convencionais e orgânicos.

Portanto, os aspectos energéticos relacionados com a produção de grãos no Brasil, são motivos para a realização deste trabalho, cujo objetivo é realizar uma análise energética de sistemas de sucessão na produção da soja convencional e orgânica.

Materiais e Métodos

O presente trabalho foi realizado tomando-se por base os dados obtidos *in loco* na Fazenda Agroecológica São Jorge, localizada na comunidade de Indianópolis, município de São Miguel do Iguçu, estado do Paraná, e dos dados obtidos na Fazenda Kestring, localizada na comunidade de São Jorge do mesmo município. Estas propriedades estão inseridas na bacia hidrográfica do rio Iguçu, a uma altitude de 260 m, latitude 25° 20' 53" Sul e longitude 54° 14' 11" Oeste, com precipitação média de 1800 mm/ano. O solo ocorrente na região é do tipo Latossolo Vermelho Eutroférico

(Lvef) (EMBRAPA, 1999). Os dados apresentados na pesquisa foram obtidos no período do ano de 2003/2004.

A área total da propriedade da Fazenda Agroecológica é de 120 ha, dividida em blocos que recebem rotação de cultura. Utilizou-se neste ensaio o sistema orgânico (SO) de plantio de soja, numa área de 98,1 ha. O itinerário constitui-se basicamente da aplicação de herbicida não-seletivo, com posterior semeadura direta sobre a palha. A colheita foi mecanizada. A cultura da soja convencional (SC) foi implantada na Fazenda Kestring, ocupando uma área de 50 ha. Neste caso, utilizou-se o sistema de plantio direto.

Para Comitre (1993), a energia consumida no processo produtivo é classificada em energia direta e indireta. A energia direta subdivide-se em: biológica, na qual se considera a energia humana (nos trabalhos), a energia animal, os resíduos de animais, as sementes e os alimentos para animais; e fóssil, que corresponde aos produtos e subprodutos do petróleo, como adubos químicos e defensivos. Como energia indireta considera-se aquela contida nos tratores e equipamentos agrícolas, sendo ponderada a partir da depreciação durante a vida útil desses equipamentos (CASTANHO FILHO e CHABARIBERY, 1983).

Métodos de conversão energética

A conversão energética dos sistemas estudados foi aquela adotada por Santos et al. (2001), calculada pela razão entre a energia convertida e a energia consumida, em cada sistema. Já o balanço energético foi calculado mediante a diferença entre a energia convertida e a consumida. Os outros fatores envolvidos na produção de

soja seguiram metodologias empregadas por Santos et al. (2000), Pimentel (1980), Doering III et al. (1977), Castanho Filho e Chabaribery (1983), Macedônio e Picchioni (1985), Ulbanere (1988), Comitre (1993), Campos et al. (1998) e Campos (2001), adequando cada fator às características da situação estudada.

A eficiência da propriedade está ligada ao total de calorías produzidas, que por sua vez estão diretamente associadas aos redutos e a tecnologia empregada na produção (CARMO et al., 1988).

A quantificação energética dos insumos foi obtida por meio da multiplicação do produto físico pelos respectivos índices de conversão, computados em Mega Joule (MJ).

Energia direta

Para o trabalho humano empregado na produção de soja (mão-de-obra), considerou-se o consumo médio de energia de 0,22 MJ.h⁻¹ (CAMPOS et al., 1998). Para os combustíveis, optou-se pelos coeficientes energéticos sugeridos por Comitre (1993), sendo para o óleo diesel 43,930 MJ.L⁻¹, lubrificante 35,940 MJ.L⁻¹ e graxa 49,224 MJ.kg⁻¹. Para quantificar a energia fóssil utilizada em cada atividade agrícola, multiplicaram-se os valores em litros ou em quilograma de combustíveis, graxa e lubrificante utilizados, pelos seus respectivos coeficientes energéticos. Obteve-se no final o total de energia fóssil consumida.

Os fertilizantes e defensivos agrícolas (inoculantes, herbicidas e inseticidas) são considerados energia fóssil. O fertilizante usado no sistema

orgânico foi o de rocha natural de baixa solubilidade (hiperfosfato de gafsa), na quantidade de 371,90 kg.ha⁻¹. Já no sistema convencional utilizou-se o Fertipar 0-20-20, 206 kg.ha⁻¹. As quantidades de nutrientes aplicados (NPK) receberam valores de coeficientes energéticos adotados por Macedônio e Picchioni (1985): N= 63,793 MJ.kg⁻¹; P₂O₅ = 13,974 MJ.kg⁻¹; K₂O = 9,790 MJ.kg⁻¹ (CAMPOS et al., 1998; ZANINI et al., 2003).

Para o estabelecimento da cultura da soja no sistema orgânico, aplicou-se o herbicida Composto SS, na dose de 10 L.ha⁻¹, cujo coeficiente energético é 230,035 MJ.kg⁻¹, sendo o mesmo utilizado no pós-plantio. Aplicou-se o inseticida Composto A, na proporção 2,5 L.ha⁻¹, cujo coeficiente energético é de 178,912 MJ.ha⁻¹ (ULBANERE, 1988).

O sistema convencional contou com duas aplicações de herbicidas (Trop, 2,89 L.ha⁻¹) e duas aplicações de inseticida (Dimilin, 74,38 g.ha⁻¹, para o controle da lagarta, e Azodrin, 0,83 L.ha⁻¹, para o controle do percevejo).

No estabelecimento do sistema orgânico, foi utilizado o cultivar de soja CD 201, na quantidade de 57,85 kg.ha⁻¹. Já no sistema convencional, foi usado o cultivar CD 202, na proporção de 51,65 kg.ha⁻¹. O valor energético foi baseado em Pimentel (1980), o qual atribuiu à semente da soja, o valor energético correspondente à energia fóssil aplicada em sua produção, ou seja, de 16,736 MJ.ha⁻¹. Para adubação verde do sistema orgânico, utilizou-se sementes de aveia na quantidade de 60 kg.ha⁻¹. O valor energético da semente foi baseado em Campos et al. (1998).

Energia indireta

Utilizou-se o método desenvolvido por Doering III et al. (1977), e empregado por diversos autores, como Zanini et al. (2003), Serra et al. (1979), Ulbanere (1988) e Comitre (1993). De acordo com Macedônio e Picchioni (1985), quantificou-se a energia indireta (equipamentos) segundo a vida útil, o peso e os seus respectivos coeficientes energéticos. Assim, para o trator (autopropelido) o valor adotado é de 69,830 MJ.kg⁻¹; para os outros equipamentos (não auto-propelidos), o valor de 57,200 MJ.kg⁻¹.

Durante o processo de produção foram empregadas as seguintes operações: *manual*: capina; e *mecânica*: capina química, adubação e semeadura conjugados, pulverização, transporte interno e colheita. Computou-se o número de vezes da execução de cada tarefa, tempo gasto em cada operação (hora/máquina), características das máquinas e implementos agrícolas (tipo, vida útil, consumo de combustível, lubrificantes e graxa). Outras informações necessárias e não disponíveis na propriedade, tais como a massa das máquinas e implementos foram obtidas junto aos catálogos de fabricantes. O material consumido: sementes, adubo fosfatados, inseticidas, herbicidas, inoculante, adubo orgânico, assim como a produção agrícola obtida, foram expressos em kg.ha⁻¹.

Resultados e discussões

Energia Indireta

As etapas de implantação das culturas da SC e o SO mostraram a

necessidade de amplas operações com um vasto dispêndio de energia na forma de máquinas e insumos agrícolas, visando o satisfatório e seguro estabelecimento (ZANINI et al., 2003).

Constituindo parte importante da energia indireta aplicada na implantação da cultura da soja, a energia demandada pelas máquinas foi determinada a partir dos períodos de tempo, em horas, de utilização dos tratores e dos equipamentos/implementos específicos para cada operação, vida útil e peso desses equipamentos e seus respectivos coeficientes energéticos.

Os dados de consumo de energia indireta encontrada para as máquinas e equipamentos agrícolas, transformada em demanda específica de energia, integrante da energia indireta utilizada nos processos, encontram-se na tabela 1.

Segundo Ulbanere e Ferreira (1989), as operações tratorizadas (preparação do solo, plantio, aplicações de herbicidas e inseticidas), são as maiores consumidoras de energia fóssil na produção de grãos. Neste trabalho, observou-se que o consumo de energia indireta foi aproximadamente o mesmo nos dois sistemas, 172,74 MJ.ha⁻¹ para o SO e 171,92 MJ.ha⁻¹ para o SC. Já os autores Zanini et al. (2003), trabalhando com balanço energético na produção de silagem de milho, encontraram para esta atividade consumo 4,59 vezes maior de energia.

Percebe-se que houve um consumo energético maior na produção da soja orgânica. Isto ocorreu, pois nesse sistema utilizou-se um maior número de maquinários para a preparação e adubação do solo. O SC não contou com

Tabela 1. Peso, vida útil e demanda específica de energia determinadas para as máquinas e implementos utilizados na cultura da soja orgânica e convencional

DISCRIMINAÇÃO DO EQUIPAMENTO	PESO (kg)	VIDA ÚTIL (h)	DEE (MJ h-1)	CONSUMO DE ENERGIA (MJ ha-1)
Energia Indireta (Soja Orgânica)				
Trator Ford – 80 cv	3150	87600	2,511	103,81
Pulverizador 3.000 L	842	104400	0,461	13,77
Semeadora – 7 linhas malha 5/0, 5	2437	131400	1,061	2,12
Colhedora SLC 7200 (plat. Média 16 linhas)	8380	131400	3,648	49,12
Roçadeira caseira	432	131400	0,188	0,68
Grade niveladora	1218	175200	0,398	0,79
Rolo facas caseira	1500	104400	0,822	1,23
Espalhadeira tipo lancer	250	70080	0,204	1,22
TOTAL				172,74
Energia Indireta (Soja Convencional)				
Trator Ford 6610 – 87 cv	3450	87600	2,750	106,97
Pulverizador Coral 2.000 L	523	87600	0,342	13,71
Semeadora – 7 linhas malha 5/0,5	2437	131400	1,061	2,12
Colhedora SLC 7200 (plat. Média 16 linhas)	8380	131400	4,453	49,12
TOTAL				171,92

Fonte: Os autores

a utilização de tais equipamentos por ter sido realizado através de plantio direto. O trator e a colhedora apresentaram índices de consumo energético de 62,22% e 28,57% no SO e 60,10%, 28,44% no SC, respectivamente. Estes resultados vêm de encontro com os fatores que nos últimos anos impulsionam diversos autores para o desenvolvimento de estudos alternativos. A análise de balanço energético é uma ferramenta fundamental para a redução da movimentação das máquinas, principalmente no preparo do solo, através do plantio direto ou do preparo reduzido, visando diminuir o

gasto energético (QUESADA et al., 1987; SANTOS et al., 2000; MESQUITA et al., 1982; ZANINI et al., 2003 e CAMPOS et al., 2004).

Energia Direta

Os dispêndios energéticos relativos aos combustíveis, lubrificantes, mão-de-obra e insumos utilizados nos dois processos (sistema orgânico e convencional), incluindo as etapas de preparo e correção do solo, plantio, tratos culturais e colheita, encontram-se na tabela 2.

Tabela 2. Consumo de energia direta nas culturas da soja orgânica e convencional

RUBRICA	CONSUMO DE ENERGIA (MJ ha⁻¹)
ENERGIA DIRETA (Soja Orgânica)	
Mão-de-obra	365,00
Semente CD 201	968,18
Óleo diesel	5408,63
Lubrificante	16,53
Graxa	3,24
Fertilizante–Hiper Fosfato Natura Gafsa	2590,66
Herbicida – SS	2180,35
Inoculante	34,57
Inseticida – Composto A	447,28
Semente aveia	240,00
Sob-total	12254,44
Total energetico consumido (Dir. e Ind.)	12427,18
Total produzido	53943,48
ENERGIA DIRETA (Soja Convencional)	
Mão-de-obra	181,02
Semente CD 202	864,41
Óleo diesel	4009,85
Lubrificante	17,53
Graxa	3,24
Inoculante	34,57
Fertilizante – Fertipar (20 P) (20 K)	2590,66
Herbicida – Trop	8837,73
Inseticida – Dimilin	81,85
Inseticida – Azodrin	102,58
Sob-total	16723,44
Total energetico consumido (Dir. e Ind.)	16895,36
Total produzido	130540,80

Fonte: Os autores

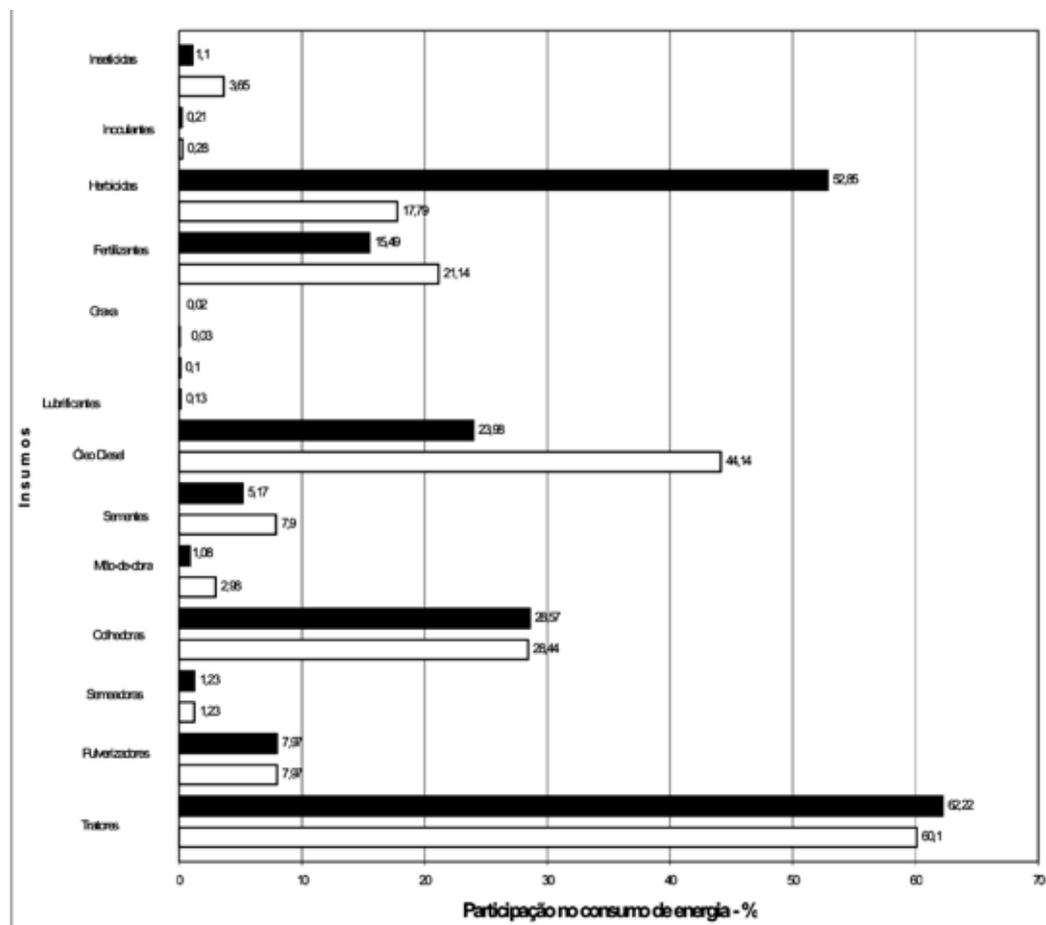
Constituindo parte importante da energia direta aplicada na implantação das culturas da soja orgânica e convencional, a energia utilizada pelas máquinas para locomoção (óleo diesel) e conservação/manutenção (graxa), foi determinada a partir dos períodos de tempo, em horas, de utilização, dos tratores e dos implementos/equipamentos específicos para cada operação, e das colhedoras.

O consumo de energia na forma de combustíveis (óleo diesel) foi de 5408,63 MJ.ha⁻¹ para o SO, correspondendo a

44,14% do consumo total. Já para o SC, o consumo foi de 4009,85 MJ.ha⁻¹, representando 23,98% do consumo energético total, conforme figura 1.

Essa diferença no consumo energético deve-se ao fato do sistema orgânico requerer maior número de operações com trator e maquinários. Quesada et al. (1987), por exemplo, informam participação do óleo diesel com 46,5% do consumo de energia para a cultura de soja, em um estudo realizado no Rio Grande do Sul. Já Zanini et al.

Figura 1. Participação dos diversos fatores na composição energética orgânica e convencional



Fonte: Os autores

(2003) observaram em seus estudos um consumo energético de 47,74% do total.

O consumo de graxa, apresentado na tabela 2, foi determinado de acordo com o tempo de trabalho para cada operação, sendo o valor do mesmo ponderado por coeficientes de consumo, específicos para cada implemento, informados por Macedônio e Picchioni (1985). Neste estudo foi observado um consumo energético semelhante nos dois sistemas, 3,14 MJ.ha⁻¹.

A participação percentual dos diversos insumos *inputs* na formação do balanço energético para a produção da soja SO e SC, se encontra na figura 1.

Do total de energia gasto para a implantação de um hectare da cultura da SO, o maior consumidor de energia foi o fertilizante, com um total de 5408,63 MJ.ha⁻¹ representando 44,14% do consumo total de energia, conforme figura 1. Para o SC, o maior consumo foi observado em relação ao herbicida que

consumiu 8837,73 MJ.ha⁻¹ representando 52,85%. Esta diferença significativa está relacionada ao fato dos herbicidas utilizados no SC apresentarem valores altamente calóricos (PIMENTEL, 1980).

Os componentes biológicos, mão-de-obra e sementes, participaram com apenas 2,98% do total de energia investida no SO e com 1,08% no SC. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Ulbanere (1988), Zanini et al. (2003) e Campos et al. (2004), porém foi observado consumo energético duas vezes maiores no SO do que no SC, devido ao manejo aplicado nesta propriedade.

A eficiência energética produzida no SC foi de 130540,80 MJ.ha⁻¹ correspondendo a 130 sacas de soja por hectare. Já o SO apresentou 53943,48 MJ.ha⁻¹ representando 53 sacas por hectare – produção 59% inferior ao SC. Essa diferença pode ser explicada devido ao fato do produtor orgânico ter escolhido uma variedade geneticamente menos produtiva, porém com altos teores de proteínas – padrões exigidos no mercado mundial.

O balanço energético definido como a diferença entre a energia convertida e a energia consumida na produção da soja orgânica e convencional foi de 41689,04 MJ e 113817,37 MJ, respectivamente. A energia consumida pelo sistema para a produção de um hectare foi de 12254,44 MJ (orgânico) e 16723,43 MJ (convencional).

A conversão energética definida como a razão entre a energia convertida e a energia consumida foi superior para o SC, que apresentou resultado de 7,81. Já o SO apresentou valor igual a 4,40, representando 56,34% da produção convencional. Estes resultados mostram

que ambos os sistemas são eficientes quanto ao retorno energético.

O alto valor de rendimento energético obtido para a cultura convencional é devido ao sistema de cultivo ser em plantio direto, no qual as reduzidas operações com maquinários contribuíram para uma economia no consumo de energia fóssil (CAMPOS et al. 2004).

O consumo de energia direta foi mais expressivo, totalizando 12254,44 MJ ha⁻¹ no SO e 16723,44 MJ ha⁻¹ no SC. O consumo de energia indireta na cultura orgânica foi baixo em relação ao total de energia consumida no sistema, correspondendo a 1,39%. Já a energia direta foi responsável por 98,61% do total da energia consumida. Na cultura convencional, o consumo de energia indireta foi de 1,02%, enquanto que para a energia direta o consumo foi de 98,98% (ULBANERE e FERREIRA, 1989; ZANINI et al., 2003; CAMPOS et al., 2004).

Conclusões

Os dados relacionados ao consumo e eficiência energética constituem poderosas ferramentas de diagnóstico de sistemas produtivos agrícolas. A utilização de balanços de energia pode constituir importante instrumento para definição de novas técnicas na agricultura, que podem vir a proporcionar uma economia de energia e, conseqüentemente, aumento da eficiência e redução do custo de produção em sistemas que utilizam intensivamente energia em suas várias formas.

De acordo com os resultados obtidos e as discussões apresentadas neste trabalho, bem como as considerações,

critérios e metodologia adotados, podem-se destacar as seguintes conclusões:

1. O maior consumidor de energia neste estudo foi o fertilizante, com um total de 5408,63 MJ.ha⁻¹, representando 44,14% do consumo total de energia. Para o sistema convencional, o maior consumo foi observado em relação ao herbicida o qual consumiu 8837,73 MJ.ha⁻¹, representando 52,85%.

2. Os componentes biológicos, mão-de-obra e sementes, participaram com apenas 2,98% do total de energia investida no sistema orgânico e com 1,08% no sistema convencional.

3. A eficiência energética produzida no sistema convencional foi de 130540,80 MJ.ha⁻¹, correspondendo a uma produção de aproximadamente 130 sacas por hectare. Já o sistema orgânico apresentou 53943,48 MJ.ha⁻¹, com uma produção aproximada de 53 sacas por hectare, representando uma produção 59% inferior ao sistema convencional.

4. O balanço energético definido como a diferença entre a energia

convertida e a energia consumida na produção da soja orgânica e convencional foi de 41689,04 MJ e 113817,37 MJ, respectivamente. A energia consumida pelo sistema para a produção de um hectare foi de 12254,44 MJ (orgânico) e 16723,43 MJ (convencional).

5. A conversão energética definida como a razão entre a energia convertida e a energia consumida foi superior para o sistema convencional, apresentando resultado de 7,81. Já o sistema orgânico apresentou valor igual a 4,40, representando 56,34% da produção convencional.

6. O consumo de energia direta foi a mais expressiva, totalizando 12254,44 MJ.ha⁻¹ no sistema orgânico e 16723,44 MJ.ha⁻¹ no sistema convencional. O consumo de energia indireta na cultura orgânica foi baixo em relação ao total de energia consumida no sistema, 1,39%. Já a energia direta foi responsável por 98,61% do total da energia consumida. Na cultura convencional, o consumo de energia indireta foi de 1,02%, enquanto para a energia direta o consumo foi de 98,98%.

Referências

BUENO, O. C.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: Facultad Agronomia/CADIR. (Org.) Avances en Ingenieria Agrícola. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomia, 2000. v.1, p.477-482.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.6, p. 1977-1985, nov-dez, 2004.

CAMPOS, A. T.; SAGLIETTI, J. R. C.; BUENO, O. de C.; CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; GASPARINO, E. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.6, p. 1977-1985, nov-dez, 2004.

CAMPOS, A. T. *Balanço energético relativo à produção de feno de “coast-cross” e alfafa em sistema intensivo de produção de leite*. 2001. 236f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-UNESP.

CAMPOS, A. T.; FERREIRA, W. A.; YAMAGUCHI. Balanço econômico e energético na produção de silagem de milho em sistema intensivo de produção de leite. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v. 9, n.1, p. 10-20, 1998.

CARMO, M. S.; COMITRE, V.; DULLEY, R. D. Balanço energético de sistemas de produção na agricultura alternativa. *Agricultura em São Paulo*, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 87-97, 1988.

CASTANHO FILHO, E. P.; CHABARIBERY, D. *Perfil energético da agricultura paulista*. São Paulo: Secretaria da Agricultura – Instituto de Economia Agrícola, 1982. 55p. (Relatório de pesquisa, 9).

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

COMITRE, V. *Avaliação energética e aspectos econômicos da soja na região de Ribeirão Preto, SP*. 1993. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Planejamento Agropecuário) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DAJOR, R. *Tratado de ecologia*. Madrid: Madri-prensa, 1979. 612p.

DOERING III, O. C.; CONSIDINE, T. J.; HARLING, C. E. *Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis*. Indiana, West Lafayette: Purdue University, 1977. 4p. (Agricultural Experiment Station NSF/RA- 770128).

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: EMBRAPA, Produção de Informação, 1999. 412 p.

FENDRICH, R. Estimativa da produtividade de soja na fazenda experimental gralha azul da PUC/PR utilizando totais acumulados de chuva. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 2, n. 1, p. 21-31, 2002.

IGUE, K. Energia e agricultura. In: IAPAR. *Manual agropecuário para o Paraná*. Londrina: IAPAR, 1980, v. 3, cap. 9, p. 217-228.

MACEDÔNIO, A. C.; PICCHIONI, S. A. *Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária*. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura, 1985.

MESQUITA, C. M.; ROESSING, A. C.; GAZZIERO, D. L. P. Consumo de energia e avaliação técnica-econômica de sistemas de produção de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. *Anais...* Londrina: Centro Nacional de Pesquisa de soja/EMBRAPA, 1982. v.1, p. 525-538.

PIMENTEL, D. *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1980. 475p.

PIMENTEL, D. Energy inputs for the production formulation, packaging, and transport of various pesticides. In: PIMENTEL, D. (Ed.) *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton, Florida: CRC, Press Inc., 1980, p. 45-48.

QUESADA, G. M.; BEBER, J. A. C.; SOUZA, S. P.; Balanços energéticos uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.39, n.1, p. 20-28, 1987.

SANTOS, H. P.; IGNACZAK, J. C.; LHAMBY, J. C. B.; BAIER, A. C. Conversão e balanço energético de sistemas de rotação de culturas para triticales, sob plantio direto. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v.30, n.1, p.43-48, 2000.

SERRA, G. E.; HEEZEN, A. M.; MOREIRA, J. R.; GOLDENBERG, J. *Avaliação da energia investida na fase agrícola de algumas culturas*. Brasília: Secretaria de Tecnologia Industrial, 1979. 86p.

ULBANERE, R. C.; FERREIRA, W. A. Análise do balanço energético para a produção do milho no Estado de São Paulo. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v.4, n.1, p. 35-42, 1989.

ULBANERE, R. C. *Análise dos balanços energéticos e econômico relativo à produção e perda de grãos de milho no Estado de São Paulo*. 1988. 127f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Botucatu-SP.

ZANINI, A.; CAMPOS, A. T.; PRESTES, T. V. M.; DALMOLIN, M. F.; CAMPOS, A. T. de; KLOSOWSKI, E. S. Análise do consumo de energia na produção de silagem de milho em plantio direto. *Revista Acta Scientiarum Animal Sciences*, Maringá, v.25, n. 2, p. 249-253, 2003.

ZONIN, W. J.; SOARES DA SILVA, N. L.; FEY, E.; STANGARLIN, J. R.; DÁGIOS, A.; SORNBERGER, V.; CÂMARA, R. J.; RICHARDT, A. Análise econômica em diferentes sistemas de produção de milho, no reassentamento rural Salto Caxias, Oeste do Paraná. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 1, n.1, p. 65-78, 2001.