

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA SEMEADURA CRUZADA DE SOJA<sup>1</sup>

NEILOR BUGONI RIQUETTI<sup>2</sup>, SÉRGIO HUGO BENEZ<sup>3</sup>, PAULO ROBERTO ARBEX SILVA<sup>4</sup>, SAULO FERNANDO GOMES DE SOUSA<sup>5</sup>, VINÍCIUS PALUDO<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Trabalho retirado da Tese de doutorado do primeiro autor.

<sup>2</sup> Ciências Biológicas e Agrônômicas, UFSC, Rodovia Ulysses Gaboardi km 03, 89520-000, Curitibanos, SC, Brasil, [neilor.b.riquetti@ufsc.br](mailto:neilor.b.riquetti@ufsc.br)

<sup>3</sup> Engenharia Rural, UNESP, Av. Universitária, nº 3780 - Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil, [benez@fca.unesp.br](mailto:benez@fca.unesp.br)

<sup>4</sup> Engenharia Rural, UNESP, Av. Universitária, nº 3780 - Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil, [arbex@fca.unesp.br](mailto:arbex@fca.unesp.br)

<sup>5</sup> Engenharia Rural, UNESP, Av. Universitária, nº 3780 - Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil, [saulofgs@hotmail.com](mailto:saulofgs@hotmail.com)

<sup>6</sup> Engenharia Rural, UNESP, Av. Universitária, nº 3780 - Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil, [paludo@fca.unesp.br](mailto:paludo@fca.unesp.br)

**RESUMO:** No cultivo da soja, a dessecação, a semeadura, tratos culturais, colheita e transporte exigem determinada quantidade de energia para sua realização. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência energética do cultivo da soja em semeadura cruzada no sistema de plantio direto. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com 5 repetições contendo os seguintes tratamentos: semeadura em linhas paralelas com 200 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 11-45-00 e 360000 sementes ha<sup>-1</sup>; semeadura cruzada com 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 11-45-00 e 720000 sementes ha<sup>-1</sup>; semeadura cruzada com 7200000 sementes ha<sup>-1</sup> e 200 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 11-45-00; semeadura cruzada com 360000 sementes ha<sup>-1</sup> e 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 11-45-00; semeadura cruzada com 200 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 11-45-00 e 360000 sementes ha<sup>-1</sup>. Os itens responsáveis pelas maiores demandas energéticas, em todos os sistemas analisados foram fertilizantes, sementes e herbicidas. A maior relação saída/entrada foi obtida com o sistema de semeadura em linhas paralelas, seguida pela semeadura cruzada com mesma quantidade de adubo e sementes. Os resultados mostraram que o sistema de semeadura cruzada não apresentou resultados que justificassem a adoção desse sistema de semeadura.

**Palavras-chave:** Eficiência energética, coeficientes energéticos, sistemas de semeadura.

## ENERGETIC EFFICIENCY OF SOYBEAN CROSS-SEEDING

**ABSTRACT:** In soybean cultivation, exsiccation, seeding, cultivation, harvesting and grain transportation require a determined amount of energy and financial investment for their fulfillment. The aim of this work was evaluating the energetic balance of soybean cultivation in cross-seeding using the tillage system. The experimental design was randomized blocks with five repetitions containing the following treatments: parallel-line seeding with 200 kg ha<sup>-1</sup> of formulated 11-45-00 and 360000 seeds ha<sup>-1</sup>; cross-seeding with 400 kg ha<sup>-1</sup> of formulated 11-45-00 and 720000 seeds ha<sup>-1</sup>; cross-seeding with 7200000 seeds ha<sup>-1</sup> and 200 kg ha<sup>-1</sup> of formulated 11-45-00; cross-seeding with 360000 seeds and 400 kg ha<sup>-1</sup> of formulated 11-45-00; cross-seeding with 200 kg ha<sup>-1</sup> of formulated 11-45-00 and 360000 seeds ha<sup>-1</sup>. The items responsible for the largest energetic demands in all of the analyzed systems were: fertilizers, seeds and herbicides. The greatest output/input ratio were obtained with parallel-line seeding, followed by cross-seeding with the same amounts of fertilizer and seeds. The results showed that the cross-seeding system did not submit results that could justify the adoption of this seeding system.

**Keywords:** Energy efficiency, energy coefficients, seeding system.

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo da soja no Brasil é de fundamental importância socioeconômica, pois além de ser matéria prima para a fabricação de uma série de produtos alimentícios é uma das “commodities” mais destacadas na agricultura nacional e na balança comercial do país.

Na tentativa de se obter maiores produtividades alguns produtores têm realizado a semeadura cruzada da soja, que consiste em semear a área duas vezes, sendo que a segunda fique perpendicular à primeira, formando um típico tabuleiro de xadrez, partindo da hipótese de que um maior número de plantas, a melhor distribuição espacial das mesmas na área de cultivo e o aumento da dose de fertilizante aumentariam a produtividade.

Alheio a esses fatores, acima citados, são encontrados na literatura poucos trabalhos científicos publicados com essa prática de semeadura, ou seja, os resultados existentes necessitam de uma avaliação mais detalhada e criteriosa para saber que um possível resultado obtido em determinado local pode não ser o mesmo quando estudado em uma região com condições edafoclimáticas diferentes, evidenciando a necessidade de um estudo mais criterioso para determinar a viabilidade da prática.

Essas pontualidades acima citadas irão refletir diretamente na quantidade de energia que entra no sistema. Deve-se, portanto, realizar uma análise energética para identificar quais os fatores de maior dispêndio energético e assim pode-se tomar medidas para melhorar a eficiência do sistema.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi o balanço energético do cultivo de soja cruzada e em linhas paralelas no sistema de plantio direto.

O balanço de energia em ecossistemas agrícolas parte do pressuposto de que é possível buscar um denominador comum que permita comparações entre sistemas, considerando a possibilidade concreta de conversão para uma mesma unidade calórica de instrumentos e materiais diferentes como máquinas, combustíveis, trabalho humano, sementes, fertilizantes dentre outros (HESLES, 1981).

A conversão dos fatores de produção e consumos em unidades energéticas ou equivalentes energéticos torna viável a construção de indicadores que permitam intervir no sistema, visando melhorar a eficiência do sistema de produção, ou seja, diminuir a quantidade de energia gasta para cada unidade de energia produzida. A eficiência energética indica quantas unidades de energia são produzidas para cada unidade investida no processo produtivo (COMITRE, 1993).

Mantoam (2011) analisando a incorporação de energia na vida útil de uma colhedora automotriz de cana-de-açúcar afirma que: uma vez que máquinas agrícolas, não apresentam diferenças discrepantes entre os seus grupos de materiais, por exemplo, o chassi de uma colhedora de cereais utiliza aço carbono em sua construção e seu material rodante de rodas e pneus utiliza a borracha, esses principais materiais (aço carbono; alumínio; borracha; ferro fundido e aço forjado), identificados como maiores consumidores de energia incorporada para a colhedora automotriz de cana-de-açúcar podem servir como base e ponto de partida para futuros estudos de energia incorporada com outras máquinas agrícolas.

Sendo assim, o coeficiente encontrado para a energia incorporada nas colhedoras automotrizes de cana-de-açúcar com rodas de pneus é de 202600 MJ ton<sup>-1</sup>, considerando a borracha utilizada nos pneus e aquela para manutenção dos mesmos. Desse total, 72% são referentes à manutenção e reparos. Retirando-se a massa dos pneus da massa total da colhedora e a energia necessária para a manutenção obtêm-se um valor de 55.641,53 MJ ton<sup>-1</sup>, o qual será empregado para a colhedora automotriz de grãos e tratores desse estudo, assim como para os implementos.

Com relação aos fertilizantes e corretivos, Lockeretz (1980) sugere um coeficiente energético de 50,24 MJ kg<sup>-1</sup> do elemento para a produção de amônia anidra, 59,87 MJ kg<sup>-1</sup> para a ureia e 61,55 MJ kg<sup>-1</sup> para o nitrato de amônio. Para o elemento fósforo os valores são 12,56 MJ kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para o superfosfato triplo (41% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 9,63 MJ kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para o superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Para o potássio os valores são de 6,70 MJ kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para o cloreto de potássio.

Para o calcário, Terhune (1980) sugere um valor de  $1,256 \text{ MJ kg}^{-1}$  considerando desde a mineração, processamento transporte e distribuição final, não incluindo a energia necessária para a distribuição do calcário na lavoura.

Considerando os herbicidas, inseticidas e fungicidas, os que demandam menor quantidade de energia para sua produção são os fungicidas, em média necessitam de  $92,11 \text{ MJ kg}^{-1}$ . Os herbicidas demandam maior quantidade de energia para sua produção, em média  $238,65 \text{ MJ kg}^{-1}$ . Os inseticidas apresentam valores intermediários, em média  $184,22 \text{ MJ kg}^{-1}$  (PIMENTEL, 1980).

Scott e Krummel (1980), consideram que a energia embutida nas sementes é de  $33,49 \text{ MJ kg}^{-1}$ . Para os grãos colhidos os autores utilizam um coeficiente energético de  $16,84 \text{ MJ kg}^{-1}$ .

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda São Luiz localizada no município de Primavera do Leste – MT, km 80 da rodovia MT 130, com coordenadas geográficas de latitude Sul  $14^{\circ}51'18''$  e longitude Oeste  $54^{\circ}12'20''$ . O clima da região é tropical com estação seca, nomeado Aw pela classificação climática de Köppen-Geiger.

Os tratamentos constaram da combinação de diferentes doses do fertilizante 11-45-00 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), diferentes densidades de sementes no sistema cruzado comparado com o sistema de linhas paralelas. A semeadura cruzada consistiu em realizar a semeadura duas vezes, sendo a segunda perpendicular à primeira, formando um ângulo de  $90^{\circ}$  entre as linhas semeadas. As parcelas possuíam dimensões de  $6,5\text{m} \times 6,5\text{m}$ , espaçadas uma da outra em 3 m.

A semeadura da soja foi realizada no dia 20 de novembro de 2013 na quantidade de 18 sementes por metro, resultando em uma massa de  $56 \text{ kg ha}^{-1}$ . Para a semeadura da soja foi utilizado trator marca Massey Ferguson modelo 680 com tração dianteira auxiliar (TDA) e 173 cv de potência nominal do motor e tara de 9375 kg. Os pneus dianteiros e traseiros são: 18,4-26

e 24,5-32 com massa de aproximadamente 95 e 198,5 kg respectivamente.

A semeadora-adubadora utilizada foi da marca John Deere modelo 2115 CCS para semeadura direta com 13 linhas espaçadas em 0,5 metros, com capacidade operacional de campo de  $4 \text{ ha h}^{-1}$ . Possui tara de 7350 kg e dois pneus  $10,5-18$  com massa de 25 kg cada.

As aplicações de defensivos foram realizadas com pulverizador automotriz marca Jacto modelo Uniport 2000 com 128 cv de potência no motor, tara de 6600 kg e capacidade operacional de  $20 \text{ ha h}^{-1}$ . Os quatro pneus são do modelo 12.4-36 com massa de 74 kg cada.

A aplicação de  $1000 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário e adubação a lanço com  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de cloreto de potássio (63% K<sub>2</sub>O), foi realizada com o distribuidor de fertilizantes e corretivos, marca Stara, modelo Hércules 10000, com capacidade do reservatório de 10000 kg. A massa total é de 2000 kg e possui quatro pneus do tipo 12.4-24 com massa aproximada de 46,6 kg cada. Para a tração deste implemento foi utilizado trator marca Ford modelo 6600 com potência de 77 cv no motor, pneus traseiros 13.6-38, dianteiros  $9.00-16$  com massa de 74 kg e 21 kg respectivamente e massa total de 3850 kg com capacidade operacional de campo de  $5,5 \text{ ha h}^{-1}$ .

A colheita foi realizada com colhedora automotriz marca John Deere modelo 9670 STS com 378 cv de potência no motor, plataforma de corte com largura de 9,1m (30 pés) e capacidade operacional de  $6 \text{ ha h}^{-1}$ . A massa total, colhedora mais plataforma de corte, é de 19353 kg. Os rodados dianteiros são duplos com pneus do tipo 20.8-38 e os dois rodados traseiros do tipo 18.4-26 com massa de 190 e 95 kg cada respectivamente.

A vida útil das máquinas e implementos foi considerada conforme Pacheco (2000), onde a vida útil de tratores e colhedoras é de 10000 horas e 1200 horas para semeadoras. Para o distribuidor de corretivos também foi adotado o valor de 1200 horas. Segundo o mesmo autor, o número de horas trabalhadas por ano, em média, é de: 1000 horas para tratores; 800 horas para colhedoras; 240 para pulverizadores, semeadoras e distribuidor de corretivos. Para o pulverizador autopropelido, foi adotada uma vida útil de 10000 horas.

A adubação de base no sulco de semeadura em linhas paralelas foi realizada com 200 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante N-P2O5-K2O 11-45-00 e duas adubações em cobertura com Cloreto de Potássio a lanço na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> cada. Nas parcelas com semeadura cruzada a adubação em cobertura foi a mesma das parcelas com semeadura em paralelo.

A dessecação da área para a semeadura foi realizada com 1,98 kg ha<sup>-1</sup> de Glifosato, 0,040 kg ha<sup>-1</sup> de Flumioxazina e 0,025 kg ha<sup>-1</sup> de Clorimuron. Para o tratamento de sementes foi utilizado 40 g ha<sup>-1</sup> de Carboxina + 40 g ha<sup>-1</sup> de Tiram e 50 g ha<sup>-1</sup> de Fipronil.

O controle de plantas daninhas em pós emergência foi realizado com duas aplicações de Glifosato, sendo a primeira na dose de 1,2 kg ha<sup>-1</sup> e a segunda com 1,6 kg ha<sup>-1</sup>. Para o controle de doenças foram realizadas quatro aplicações preventivas com 60 g ha<sup>-1</sup> de Trifloxistrobina mais 70 g ha<sup>-1</sup> de Protiocanazol. Para o controle de pragas sugadoras foram realizadas três aplicações de 0,030 g ha<sup>-1</sup> de e uma aplicação com 15 g ha<sup>-1</sup> de Triflubenzuron.

Para a determinação da depreciação energética e econômica, foram consideradas como benfeitorias dois barracões de alvenaria com dimensões de 1400 m<sup>2</sup> e 225 m<sup>2</sup> com moega e balança com 600 m<sup>2</sup> e uma casa com 280 m<sup>2</sup>. A Conab (2010), definiu a vida útil das construções de madeira em 25 anos e 40 anos para as construções de alvenaria. Para ambas benfeitorias adotam-se o valor residual como sendo 20% do valor inicial.

A depreciação energética de máquinas e implementos foi calculada de acordo com a expressão adotada por Comitê (1993) acrescida do tempo de utilização da máquina ou implemento em cada unidade de área. Se considerarmos o tempo de uso, em horas (h), da máquina em um hectare, o resultado obtido será MJ h<sup>-1</sup>, o qual multiplicado por h ha<sup>-1</sup> resulta em MJ ha<sup>-1</sup>.

$$DEM = \left( \frac{A + B + C + D}{Vu} \right) \cdot Tu \quad (01)$$

Em que:

DEM = Depreciação energética de máquinas e implementos agrícolas (MJ ha<sup>-1</sup>).

A = Produto da massa das máquinas ou implementos pelos coeficientes energéticos (MJ).

B = Custo energético para reparos – 5% do valor de A.

C = Produto da massa de pneus das máquinas ou implementos pelo coeficiente energético.

D = Custo energético para manutenção – 12% do valor de A+B+C.

Vu = Vida útil das máquinas e equipamentos (h).

Tu = Tempo de uso por hectare (h).

Doering (1980) considera que cada unidade de área construída necessita de determinada quantidade de energia para a sua construção. Considerando que ao final da vida útil das benfeitorias sobre apenas o valor energético da matéria prima e que o custo energético com reparos será de 5%, o cálculo da depreciação energética de benfeitorias foi realizado segundo a equação:

$$DEB = \frac{\left( \frac{E + F}{Va} \right) \cdot To}{A} \quad (02)$$

Em que:

DEB = Depreciação energética de benfeitorias (MJ ha<sup>-1</sup>)

E = Produto da área das benfeitorias pelos coeficientes energéticos (MJ)

F = Custo energético com reparos de benfeitorias – 5% do valor de E

Va = Vida útil das benfeitorias (anos)

A = Área total da propriedade (ha)

To = Taxa de ocupação do bem

A taxa de ocupação do bem é definida como sendo o percentual de utilização deste bem em um determinado cultivo. Como as atividades da propriedade se resumem ao cultivo de soja e milho, foi considerada uma taxa de ocupação de 50% (To = 0,5), ou seja, a metade do tempo de uso durante o ano as instalações se destinam ao cultivo de soja e a outra metade ao cultivo de milho.

Segundo Doering (1980) nos valores energéticos para as benfeitorias existe uma

diferença quando se trata de uma residência comparada com as demais construções (barracões e garagens) de uma propriedade em função dos diferentes materiais utilizados, e os valores médios são: 6.264,221 MJ m<sup>2</sup> para construções consideradas como residência e 1712,521 MJ m<sup>2</sup> para construções destinadas a serviços.

A massa total das máquinas, implementos e pneus foi obtida junto aos catálogos dos fabricantes.

Os valores energéticos utilizados para combustíveis, lubrificantes e graxa empregados na fase agrícola foram aqueles adotados pelo Balanço Energético Nacional onde para o óleo diesel o coeficiente utilizado é de 35,52 MJ L<sup>-1</sup>, 37,29 MJ L<sup>-1</sup> para lubrificantes e 37,25 MJ L<sup>-1</sup> para graxa (BEN, 2013).

Para os nutrientes aplicados na produção foram utilizados os seguintes coeficientes energéticos: ureia 59,87 MJ kg<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12,56 MJ kg<sup>-1</sup> e para o K<sub>2</sub>O 6,70 MJ kg<sup>-1</sup> (LOCKERETZ, 1980). Os valores das doses de cada fertilizante foram convertidos para K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e ureia. Como o coeficiente para o nitrogênio foi determinado para a ureia, o valor de nitrogênio contido no fertilizante foi convertido para equivalente em ureia, considerando a ureia com 45% de nitrogênio.

Para os defensivos agrícolas foram utilizados os coeficientes energéticos propostos por Pimentel (1980), sendo para o glifosato 579,54 MJ kg<sup>-1</sup>, 396,11 MJ kg<sup>-1</sup> para o Clorimuron e 268,81 MJ kg<sup>-1</sup> para a Flumioxazina. O valor adotado para o Clorimuron foi com base na formulação e na energia necessária para produzir um kg de ingrediente ativo do mesmo grupo químico, proposto por Pimentel (1980). Para a Flumioxazina foi utilizado o valor médio necessário para a produção de 1 kg de herbicidas somado com o valor necessário para formulação, embalagem e transporte de um quilograma de pó molhável. Para os inseticidas foi adotado 363,88 MJ kg<sup>-1</sup> e para os fungicidas 271,77 MJ kg<sup>-1</sup>, utilizando para ambos a média necessária para a produção de um quilograma de

ingrediente ativo e a energia necessária para a formulação, embalagem e transporte de óleo miscível. Foi considerado que 1 litro possui massa de 1kg.

A energia gasta com mão-de-obra foi calculada de acordo com Campos et. al. (1998), sendo 2,196 MJ h<sup>-1</sup>. Para as operações de pulverização e semeadura é necessário o uso da mão-de-obra de mais uma pessoa para o abastecimento da máquina, portanto, nessas operações o tempo total necessário de mão-de-obra foi determinado pelo número de horas necessário para a realização da operação multiplicado por dois.

As saídas de energia são representadas pela produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) multiplicada pelo coeficiente energético 16,84 MJ kg<sup>-1</sup>, obtendo-se assim o valor da saída de energia em MJ ha<sup>-1</sup>.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, está o resultado das entradas de energia para o Tratamento T1. Neste sistema, os insumos responsáveis pelo maior consumo energético foram os herbicidas, nitrogênio e sementes, representando aproximadamente 62,79% do total de energia consumida no sistema, de um total de 13286,97 MJ.

Para o Tratamento T2 (Tabela 2), os insumos responsáveis pelo maior consumo de energia foram o nitrogênio, sementes e herbicidas, representando aproximadamente 67,21% de toda a energia consumida no sistema, de um total de 19559,71 MJ.

Em valores absolutos, a entrada de energia referente ao potássio não se altera pois essa fertilização foi realizada a lanço com a mesma dose em todos os tratamentos. Quando se aumenta o uso de sementes, também aumenta a quantidade de fungicidas e inseticidas utilizados no tratamento de sementes, sendo estes valores levados em consideração, porém esses valores absolutos podem não ser percebidos em percentual, tendo em vista a maior demanda energética do sistema.

**Tabela 1.** Entradas de energia (MJ ha<sup>-1</sup>) referentes ao Tratamento T1.

Item	Entrada	(%)
Óleo diesel	763,68	5,75
Máq. e impl.	67,63	0,51
Nitrogênio	2927,04	22,03
Fósforo	1029,92	7,75
Potássio	844,20	6,35
Sementes	1875,69	14,12
Calcário	1256,00	9,45
Herbicidas	3539,55	26,64
Fungicidas	489,18	3,68
Inseticidas	436,66	3,29
E. elétrica	11,10	0,08
Benfeitorias	44,45	0,33
Mão de obra	1,87	0,01
Total	13286,97	100

**Tabela 2.** Entradas de energia (MJ ha<sup>-1</sup>) referentes ao Tratamento T2.

Item	Entrada	(%)
Óleo diesel	1047,84	5,36
Máq. e impl.	95,47	0,49
Nitrogênio	5854,08	29,93
Fósforo	2059,84	10,53
Potássio	844,20	4,32
Sementes	3751,8	19,18
Calcário	1256,00	6,42
Herbicidas	3539,55	18,10
Fungicidas	543,53	2,78
Inseticidas	509,44	2,60
Energia elétrica	11,10	0,06
Benfeitorias	44,45	0,23
Mão de obra	2,41	0,01
Total	19559,71	100

Comparando o Tratamento T2 com o T1, houve um aumento de 6272,74 MJ ha<sup>-1</sup>, sendo que o nitrogênio e as sementes foram responsáveis por aproximadamente 46% e 30%, respectivamente, do aumento total do consumo de energia.

Em valores absolutos, a entrada de energia referente ao potássio não se altera pois essa fertilização foi realizada a lanço com a mesma dose em todos os tratamentos. Quando se aumenta o uso de sementes, também aumenta a quantidade de fungicidas e inseticidas utilizados no tratamento de sementes, sendo estes valores

levados em consideração, porém esses valores absolutos podem não ser percebidos em percentual, tendo em vista a maior demanda energética do sistema.

No Tratamento T3 (Tabela 3), houve uma diminuição significativa no consumo total de energia, sendo que os insumos responsáveis pelo maior consumo foram as sementes, os herbicidas e o nitrogênio, representando 65,5% de um total de 15602,75 MJ. Comparativamente com o sistema em linhas paralelas, o aumento de energia foi de aproximadamente 17%, ou em valores absolutos, 2315,78 MJ, sendo que o

aumento do consumo pelo uso de sementes a mais foi de 1875,69 MJ, representando mais de 80% do aumento do consumo.

**Tabela 3.** Entradas de energia (MJ ha<sup>-1</sup>) referentes ao Tratamento T3.

Item	Entrada	(%)
Óleo diesel	1047,84	6,72
Máq. e impl	95,47	0,61
Nitrogênio	2927,04	18,76
Fósforo	1029,92	6,60
Potássio	844,20	5,41
Sementes	3751,8	24,05
Calcário	1256,00	8,05
Herbicidas	3539,55	22,69
Fungicidas	543,53	3,48
Inseticidas	509,44	3,27
Energia elétrica	11,10	0,07
Benfeitorias	44,45	0,28
Mão de obra	2,41	0,02
Total	15602,75	100

No Tratamento T4 (Tabela 4), o nitrogênio, os herbicidas, o fósforo e as sementes foram os insumos que consumiram a maior parte de toda a energia necessária,

aproximadamente 76%, sendo que apenas o nitrogênio representa mais de 33% de toda a energia consumida.

**Tabela 4.** Entradas de energia (MJ ha<sup>-1</sup>) referentes ao Tratamento T4.

Item	Entrada	(%)
Óleo diesel	1047,84	5,97
Máq. e impl	95,47	0,54
Nitrogênio	5854,08	33,34
Fósforo	2059,84	11,73
Potássio	844,20	4,81
Sementes	1875,69	10,68
Calcário	1256,00	7,15
Herbicidas	3539,55	20,16
Fungicidas	489,18	2,79
Inseticidas	436,66	2,49
Energia elétrica	11,10	0,06
Benfeitorias	44,45	0,25
Mão de obra	2,41	0,01
Total	17556,47	100

No Tratamento T5 (Tabela 5), o consumo total de energia é muito semelhante ao Tratamento T1, havendo um aumento apenas no que se refere ao consumo de graxa, lubrificantes, óleo diesel e depreciação de

máquinas referentes apenas à semeadura, sendo que o maior aumento se deve ao consumo de óleo diesel necessário para realizar a semeadura.

Independentemente dos sistemas estudados, o consumo de energia para as

aplicações de defensivos, distribuição de calcário, colheita e depreciação de benfeitorias foi o mesmo, pois as quantidades consumidas foram idênticas.

Em todos os sistemas estudados, o consumo de energia referente ao consumo de energia elétrica, depreciação de benfeitorias e mão de obra, não apresentaram valores significativos, representando aproximadamente 0,5% do total consumido, podendo os mesmos

serem desconsiderados sem interferir significativamente no cálculo da eficiência energética. Os itens responsáveis pelas maiores demandas energéticas, em todos os sistemas foram nitrogênio, sementes e herbicidas. Porém, o dispêndio energético com as benfeitorias apresenta um valor significativamente maior que a energia gasta com mão-de-obra e energia elétrica.

**Tabela 5.** Entradas de energia (MJ ha<sup>-1</sup>) referentes ao Tratamento T5.

Item	Entrada	(%)
Óleo diesel	1047,84	7,70
Máq. e impl	95,47	0,70
Nitrogênio	2927,04	21,52
Fósforo	1029,92	7,57
Potássio	844,20	6,21
Sementes	1875,69	13,79
Calcário	1256,00	9,24
Herbicidas	3539,55	26,03
Fungicidas	489,18	3,60
Inseticidas	436,66	3,21
Energia elétrica	11,10	0,08
Benfeitorias	44,45	0,33
Mão de obra	2,41	0,02
Total	13599,51	100

Deve-se ressaltar que nesse estudo houve um consumo de combustível inferior à maioria dos estudos realizados anteriormente. Isso se deve ao fato de não serem computados o consumo referente à escarificação, transporte e de todos os demais veículos e tratores de apoio necessários para o cultivo.

A produtividade obtida entre os diferentes tratamentos não apresentou diferença estatística significativa, quando realizada a análise de variância a 5% de probabilidade. Como nos demais fatores de estudo, os valores utilizados não apresentam repetições dentro do mesmo tratamento, (custo do trator, por exemplo), não foi realizada análise de variância, além da produtividade.

Comparando a eficiência dos sistemas estudados (Tabela 6), observa-se que a maior eficiência energética foi obtida com o sistema de semeadura em linhas paralelas, seguida pela semeadura cruzada com mesma quantidade de adubo e sementes que o sistema em linhas paralelas, mostrando que o aumento da população de plantas ou de fertilizantes não foi positivo em relação à produtividade, resultando em uma menor relação saída/entrada, pois a menor relação foi obtida quando se realizou a semeadura cruzada com o dobro de sementes e adubo. Esse sistema foi o que obteve a maior saída de energia, porém consumiu aproximadamente 47% mais energia que o sistema de linhas paralelas.

**Tabela 6.** Entrada, saída em Megajoules e relação saída/entrada (S/E) para um hectare nos diferentes tratamentos.

	T1	T2	T3	T4	T5
Entrada	13287	19560	15603	17556	13600
Saída	69960	72968	68452	70014	69607



S/E	5,3	3,7	4,4	4,0	5,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----

No tratamento em linhas paralelas, para cada unidade de energia consumida foram obtidas 5,3 unidades. No sistema cruzado com duas vezes a quantidade de adubo e sementes esse valor cai para 3,7, mostrando a ineficiência desse tratamento.

Nos Tratamentos T1 e T5 foram utilizadas as mesmas quantidades de sementes e fertilizantes, sendo que o principal aumento do consumo energético se deu pelo combustível utilizado para a realização da semeadura, sendo o aumento do consumo referente à depreciação de máquinas, consumo de graxa e lubrificantes pouco significativos. Nesses tratamentos a relação saída/entrada foi semelhante, porém o sistema em linhas paralelas apresenta uma melhor relação, mostrando que esse é, ainda, o melhor sistema de semeadura.

Comparando o Tratamento T3 com o T4, nota-se que o aumento da dose do fertilizante resultou em um cultivo com menor relação saída/entrada, ou seja, é melhor utilizar uma quantidade maior de sementes ao invés de dobrar a quantidade de adubo.

A produtividade média da propriedade onde o estudo foi realizado ficou em torno de 50 sacas por hectare. Assim, comparado com sistema de semeadura paralela do ensaio, a relação saída/entrada seria de 4,8, valor semelhante ao obtido por Comitre (1990) quem constatou que a relação do cultivo da soja em Ribeirão Preto foi de 5,77.

## 5 REFERÊNCIAS

CAMPOS, A. T. et al. 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.

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

DOERING, O. C. Accounting for energy in farm machinery and building. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980. p. 9<sup>-14</sup>.

HESLES, J. B. S. **Objetivos e princípios da análise energética, análise de processos industriais, análise energética: métodos e convenções**. Rio de Janeiro: AIE-COPPE/UFRJ, 1981. 137p.

Pimentel e Patzek (2005) obtiveram uma eficiência energética de 2,56, sendo o total de entrada de energia de 15683,75 MJ ha<sup>-1</sup> e uma saída total de energia de 40214,21 MJ. Há uma diferença significativa para a eficiência obtida neste estudo, porém a produtividade obtida pelos autores é inferior à deste estudo, 2668 kg ha<sup>-1</sup>. Além disso, o coeficiente utilizado para os grãos foi de 15,070 comparado com 16,838 desse estudo. O coeficiente para as sementes é semelhante, porém utilizou 13 kg a mais de semente por hectare que aquela utilizada neste estudo.

Se a produtividade obtida neste estudo (T1) fosse aplicada no estudo de Pimentel e Patzek (2005) e mantendo-se o coeficiente utilizado pelos mesmos, a saída total de energia seria de 62625,95 MJ ha<sup>-1</sup> o que resultaria em uma relação saída/entrada aproximadamente igual a 4, passando a ser mais semelhante a este estudo. Vale ressaltar que o uso de combustível no estudo de Pimentel e Patzek (2005) foi muito superior ao deste estudo, com 38,8 L ha<sup>-1</sup> de óleo diesel e 35,7 L ha<sup>-1</sup> de gasolina, incluindo o transporte, comparado com 21,5 L ha<sup>-1</sup> de óleo diesel neste estudo.

## 4 CONCLUSÃO

O sistema de semeadura cruzada não apresenta vantagens em termos energéticos comparado com o sistema de semeadura em linhas paralelas.

- LOCKERETZ, W. Energy inputs for nitrogen, phosphorus, and potash fertilizers. In: In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980. p. 23-26.
- MANTOAM, E. J. **Incorporação de energia na vida útil de uma colhedora autopropelida de cana-de-açúcar**. 2011. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Máquinas Agrícolas). Universidade de São Paulo-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2011.
- 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: CRC Press, 1980. p. 45-48.
- PIMENTEL, D.; PATZEK, T. W. Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. **Natural Resources Research**, v. 14, n. 1, p. 65-76, 2005.
- SCOTT, W. O.; KRUMMEL, J. Energy used in producing soybeans. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980. p. 117-121.
- TERHUNE, E. C. Energy used in United States for agricultural liming materials. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p. 25-26.