

**CUSTOS ENERGÉTICOS DO AGROECOSSISTEMA PINHÃO-MANSO E MILHO: COMPARATIVO ENTRE O SISTEMA DE CONDUÇÃO SEQUEIRO E O IRRIGADO<sup>1</sup>**

MICHELLE SATO FRIGO<sup>2</sup>; ELISANDRO PIRES FRIGO<sup>3</sup>; OSMAR DE CARVALHO BUENO<sup>4</sup>; MAURA SEIKO TSUTSUI ESPERANCINI<sup>5</sup> & ANTÔNIO EVALDO KLAR<sup>6</sup>

**RESUMO:** O conhecimento da produção e o dispêndio de energia pela agricultura é fundamental devido à importância estratégica que ocupa como produtora de insumos energéticos para outros setores econômicos, como é o caso do biodiesel produzido a partir de culturas oleaginosas; desta forma, o presente estudo teve como objetivo determinar os custos energéticos parciais da implantação e condução do agroecossistema milho em consórcio com pinhão-manso, sob os sistemas de condução sequeiros e irrigados, em experimento conduzido de acordo com o sistema produtivo da agricultura familiar da região oeste do Paraná. Tal estudo se justifica devido à escassez de dados energéticos da cultura do pinhão-manso em condições brasileiras, bem como em sistema consorciado sob condições tecnológicas da agricultura familiar do oeste paranaense e, sobretudo, das questões ambientais envolvidas neste estudo como o uso racional de fontes energéticas não renováveis. O experimento foi conduzido de acordo com as técnicas empregadas por agricultores familiares da região oeste paranaense, no período de fevereiro de 2008 a maio de 2008 para a cultura do milho e de fevereiro de 2008 a novembro de 2009, para a cultura do pinhão-manso, no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola (NEEA), pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus de Cascavel/PR, em área de plantio direto. O produto final avaliado foi apenas o milho. Os coeficientes técnicos, a jornada de trabalho, o rendimento, a identificação do trator, implementos e equipamentos, suas especificações e respectivos consumos de combustível, lubrificantes e graxas, além da quantificação da mão-de-obra utilizada foram determinados a partir de dados primários e secundários. A metodologia adotada constituiu-se de determinação da “Eficiência Cultural Parcial” e “Eficiência Energética Parcial”. Com relação ao balanço energético parcial, eficiência cultural e energética parciais não houve grandes diferenças entre os sistemas estudados. Conclui-se que para as condições do expe-

<sup>1</sup> Parte da tese da primeira autora intitulada: Custos energéticos e econômicos do agroecossistema milho em consórcio com pinhão-manso

<sup>2</sup> Docente do curso de Agronomia, UFPR, rua Pioneiro, nº 2153, Jardim Dallas, CEP:85950-000, Palotina/PR – Brasil; email: [msfrigo@ufpr.br](mailto:msfrigo@ufpr.br)

<sup>3</sup> Docente do curso de Agronomia, UFPR, rua Pioneiro, nº 2153, Jardim Dallas, CEP:85950-000, Palotina/PR – Brasil; email: [epfrigo@ufpr.br](mailto:epfrigo@ufpr.br)

<sup>4</sup> Orientador e docente do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA/UNESP, Caixa Postal, nº 237, CEP: 18610-307, Botucatu/SP – Brasil; e-mail: [osmar@fca.unesp.br](mailto:osmar@fca.unesp.br)

<sup>5</sup> Co-orientadora e docente do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA/UNESP, Caixa Postal, nº 237, CEP: 18610-307, Botucatu/SP – Brasil; e-mail: [maura@fca.unesp.br](mailto:maura@fca.unesp.br)

<sup>6</sup> Docente do Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Caixa Postal, nº 237, CEP: 18610-307, Botucatu/SP – Brasil; e-mail: [klar@fca.unesp.br](mailto:klar@fca.unesp.br)

rimento e para os sistemas de condução avaliados, do ponto de vista energético ambos os sistemas têm o mesmo desempenho.

**Palavras-chave:** Biodiesel, consórcio de culturas, agricultura familiar.

## **ENERGY COSTS AGROECOSYSTEM PHYSIC-NUT-CORN: COMPARING THE CONDUCTION RAINFED SYSTEM WITH IRRIGATED**

**SUMMARY:** *The knowledge production and energy expenditure in agriculture is crucial due to strategic importance which occupies as a producer of energy inputs to other economic sectors, such as biodiesel produced from oilseed crops, so this study was attempt to determine the energy cost of partial deployment and conduct of corn intercropping agroecosystem with physic nut, under the steering and without irrigation, in an experiment conducted in accordance with the productive system of family farming in the west of Paraná State. Such a study is justified due to the scarcity of energy data of the culture of physic nut under brazilian conditions, as well as in intercropping system under technological conditions of the family farm west of Paraná, and especially environmental issues involved in this study as the rational use of energy sources nonrenewable. The experiment was conducted in accordance with the techniques employed by family farmers in western Parana, from February 2008 to May 2008 for corn and from February 2008 to November 2009 for the cultivation of physic nut in the Experimental Center of Agricultural Engineering (NEEA), belonging to the State University of Western Paraná (UNIOESTE), campus of Cascavel/PR, in the area of tillage. The final product was assessed only corn. The technical coefficients, the workload, performance, identification of the tractor, implements and equipment, their specifications and their consumption of fuel, lubricants and greases, as well as quantification of manpower used were derived from primary data and secondary. The methodology consisted of determining the "Efficiency Cultural Partial" and "Energy Efficiency Partial". Regarding the energy balance in part, cultural and energy efficiency partial there were no major differences between the systems studied. We conclude that the conditions of the experiment the conduction system assessed in terms of energy both systems have the same performance.*

**Keywords:** *Biofuel, intercropping, family farming.*

## 1 INTRODUÇÃO

O aquecimento global deixou de ser uma discussão em âmbito ambiental, político e econômico, para tornar-se um fato real em nosso cotidiano. Embora as conseqüências sejam inevitáveis, seu agravamento pode ser evitado com o uso de tecnologias conhecidas e dominadas pelo homem, segundo a recomendação do 4º relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC), da Organização das Nações Unidas (ONU), realizado em 2007, que estimula o uso das energias renováveis, com destaque para os biocombustíveis, ou seja, combustíveis renováveis, com baixa emissão de gases poluentes em substituição aos de origem fóssil.

Para viabilizar a utilização do biodiesel no Brasil, foi criado o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) que é um programa interministerial do governo federal que tem por objetivo a produção e do uso do biodiesel, de forma sustentável, alavancando a inclusão social e desenvolvimento regional, através da geração de empregos e renda. No entanto, apesar dos incentivos do PNPB para a produção e uso do biodiesel, o quadro de produção, tanto de óleos vegetais para fins combustíveis como do próprio biodiesel, ainda é incipiente no país, ou seja, a produção de oleaginosas necessita desenvolver-se tanto em área, quanto em produtividade e qualidade, assim como o próprio biodiesel em questão.

Desta forma, o presente estudo teve como objetivo determinar os custos energéticos parciais da implantação e condução do agroecossistema milho em consórcio com pinhão-manso, sob os sistemas de condução sequeiros e irrigados, em experimento conduzido de acordo com o sistema produtivo da agricultura familiar da região oeste do Paraná. Tal estudo se justifica devido à escassez de dados energéticos da cultura do pinhão-manso em condições brasileiras, bem como em sistema consorciado sob condições tecnológicas da agricultura familiar do oeste paranaense e, sobretudo das questões ambientais envolvidas neste estudo como o uso racional de fontes energéticas não renováveis.

A cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*) é considerada uma cultura energética para fins de biodiesel, sendo uma opção agrícola para áreas áridas, semi-áridas e na recuperação de áreas degradadas, promovendo a integração do acesso à produção com renda (através da venda do óleo das sementes para fins combustíveis), suprimento de energia (o óleo pode ser utilizado em motores e máquinas para a geração de eletricidade) e o desenvolvimento rural (através do emprego da mão-de-obra familiar, com conseqüente fixação do homem no campo e segurança alimentar, pois permite o uso de culturas anuais alimentícias em consórcio, além de melhorias ambientais, como a formação de um microclima que favorece o desenvolvimento de outras culturas nas entrelinhas, entre outros). Entretanto, a espécie ainda encontra-se em processo de “domesticação” e, segundo Saturnino et al. (2005), somente nos últimos 30 anos é que esta começou a ser mais pesquisada agronomicamente.

Pela sua importância econômica, a cultura do milho (*Zea mays*) tem sido alvo de vários estudos, os quais visam à determinação dos níveis ótimos de diversos fatores que influenciam sua produção, como: fenologia, área foliar, pragas, doenças, exigências hídricas e nutricionais (IAPAR, 1991).

De acordo com o Censo Agropecuário, 46% do milho produzido no país são cultivados pela agricultura familiar. Esta organização social de produção ocupa 24,3% da área total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, e estes representam 84,4% do total de estabelecimentos, englobando cerca de 12,3 milhões de pessoas, isto é, 74,4% do pessoal ocupado no setor agrícola (IBGE, 2006).

De acordo com Gonzaga Neto (2000), a irrigação constitui-se na alternativa para a melhoria do rendimento de grande parte das culturas, proporcionando um incremento médio de produtividade na ordem de 20 %, e com isto, propicia redução dos custos unitários de produção. Entretanto, apenas com um planejamento racional da agricultura irrigada, baseado em um projeto bem elaborado, adequadamente manejado e sem degradação do meio ambiente, é que os irrigantes poderão usufruir plenamente dos benefícios advindos da técnica de forma a se tornarem mais competitivos, em um mundo cada vez mais globalizado.

A eficiência dos sistemas agrícolas de produção pode ser analisada por duas abordagens distintas, que além de importantes, complementam-se como: produtiva, que se refere à análise da produção física obtida, ou seja, da produtividade, e econômica, que se relaciona aos custos de produção e lucratividade do sistema analisado. Além destas abordagens, uma terceira vem recebendo atenção dos pesquisadores e da sociedade em geral, porém, ainda de forma conjuntural. Trata-se da abordagem energética de agroecossistemas, que se refere à mensuração e construção de índices capazes de captar as diversas relações de fluxos de energia que permeiam determinado sistema agrícola. Além de sua importância equiparada às outras já citadas, a abordagem energética as complementa, pois permite análises mais aprofundadas sobre os agroecossistemas, principalmente nas questões relacionadas à sustentabilidade (BUENO, 2002).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de fevereiro de 2008 a maio de 2008 para a cultura consorciada (milho) e de fevereiro de 2008 a novembro de 2009 para a cultura principal (pinhão-manso).

A área experimental localizava-se no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola (NEEA), pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus de Cascavel, localizada na BR 467 km 16, sentido Cascavel - Toledo, Paraná, cujas coordenadas geográficas são 24°54'00.23"S de latitude, 53°32'04.69"O de longitude e altitude média de 620 metros.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico de textura argilosa (EMBRAPA, 1999), composto de 68% de argila, 13% de silte e 19% de areia. O clima é temperado mesotérmico e super úmido, conforme classificação de Köppen. A temperatura média é em torno de 21°C, sendo a precipitação média anual de 1.940 mm e umidade relativa média do ar anual de 75%.

O local escolhido para instalação do experimento possuía histórico de 15 anos cultivados com diversas espécies vegetais sob sistema de plantio direto.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, parcelas subdivididas, com três tratamentos e três repetições para cada tratamento, totalizando nove parcelas. A dimensão útil de cada parcela experimental foi de 12 x 12 m, com espaçamento entre parcelas de 12 m.

Para o estudo, foram utilizados dados oriundos de fontes primárias e secundárias, que se iniciaram pela reconstituição do itinerário técnico; a opção de utilizar este conceito ao invés do de práticas culturais foi em função deste ser de maior abrangência, pois além de considerar a sucessão de operações leva em conta também as diversas situações que relacionam-se com estas.

A reconstituição do itinerário técnico da cultura do pinhão-manso consorciada com milho foi obtida através de relato oral fornecido pelos trabalhadores que conduziram o experimento a campo.

As operações que constituem o itinerário técnico de cada sistema de condução (sequeiro, irrigado e fertirrigado com água residuária da suinocultura) foram sintetizados no Quadro 1, assim como indicados os coeficientes energéticos de transformação.

Neste trabalho foram utilizados dois indicadores de eficiência energética, de forma a avaliar parcialmente o agroecossistema pinhão-manso-milho, além do balanço energético:

$$\text{Eficiência Cultural Parcial} = (\text{Saídas Úteis Parciais}) \cdot (\text{Entradas Culturais})^{-1} \quad (1)$$

$$\text{Eficiência Energética Parcial} = (\Sigma \text{Energias Totais}) \cdot (\Sigma \text{Entradas de Energias-Não Renováveis})^{-1} \quad (2)$$

$$\text{Balanço Energético Parcial} = (\Sigma \text{Energia Bruta do Produto}) - (\Sigma \text{Das "Entradas" de Energias Não-Renováveis}) \quad (3)$$

**Quadro 1** - Operações do itinerário técnico dos agroecossistemas pinhão-manso - milho.

<b>OPERAÇÕES DE IMPLANTAÇÃO</b>		
<b>SEQUEIRO</b>	1. Preparo da área: aplicação manual de dessecante	83.090 kcal . kg <sup>-1</sup> para herbicidas de Pimentel (1980) Não foi considerado o valor energético do pulverizador costal
	2. Plantio mecanizado de milho+ adubação de plantio	ADUBO: Pellizzi (1992): N = 73MJ . kg <sup>-1</sup> ; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 13MJ . kg <sup>-1</sup> ; K <sub>2</sub> O = 9MJ . kg <sup>-1</sup> , mais 0,50 MJ.kg <sup>-1</sup> , referente ao transporte marítimo para cada elemento de acordo com Leach (1976), além do percentual de importação, que de acordo com a ANDA (2005) foram de 70,36 % (N); 51,56 % (K <sub>2</sub> O); 90,70% (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
	3. Plantio manual de milho+ adubação de plantio	SEMESTE: pinhão-manso - Augustus <i>et al.</i> (2002), de 20,85 MJ.kg <sup>-1</sup> (0,674 g cada semente); milho cada quilo de semente de híbrido foi de 7.936,64 kcal (285 g a cada 1000 sementes) (PIMENTEL, 1973).
	4. Produção de mudas de pinhão-manso	
	5. Coveamento e transplante das mudas de pinhão-manso	
<b>OPERAÇÕES DE CONDUÇÃO</b>		
<b>IRRIGADO POR ASPERSÃO</b>	6. Roçada manual	
	7. Aplicação manual de inseticida	74.300 kcal . kg <sup>-1</sup> para inseticidas de Pimentel (1980a) Não foi considerado o valor energético do pulverizador costal
	8. Irrigação por aspersão	Lâmina de 24 mm aproximadamente, aplicada aos 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE) do milho; valores de 92KJ.h <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> e 2,40MJ.h <sup>-1</sup> para o bombeamento, de acordo com Tsatsarelis (1993).
	9. Colheita manual do milho	Beber (1989): 16,22 MJ . kg <sup>-1</sup> para grãos de milho colhido

Cada operação foi descrita no sentido de identificar e especificar o tipo e a quantidade de máquinas e implementos utilizados, os insumos empregados e a mão-de-obra envolvida, quantificando-a e determinando, individualmente a massa, altura, idade e gênero dos trabalhadores.

Em seguida, converteram-se as diversas unidades físicas encontradas em unidades energéticas. Foi determinado o tempo de operação por etapa e por unidade de área (hectare). Deste modo, também foi determinada a jornada de trabalho, os coeficientes de tempo de operação por unidade de área ou rendimento, a identificação das máquinas, implementos e equipamentos, suas especificações e respectivos consumos de combustível, lubrificantes e graxas, além da quantificação da mão-de-obra utilizada, por operação.

Conforme Risoud (1999), a unidade utilizada nos estudos de eficiência energética é o Joule e seus múltiplos, sendo o valor de 0,2388 como índice de conversão de Joule (J) em caloria (cal) e o índice de 4,1868 na conversão de caloria em Joule. Para a apresentação final dos dados foi utilizada a unidade de megajoules (MJ), com aproximação em duas casas decimais.

O presente estudo levou em consideração a classificação adotada por Comitre (1993), Bueno (2002) e Romero (2005), onde as formas de “entrada” de energia direta são as de origem biológica são, neste caso, mão-de-obra e sementes de pinhão-manso e milho de origem biológica e óleo diesel, lubrificante e graxa, de origem fóssil. As de origem industrial, como máquinas, implementos, sistemas de irrigação e agrotóxicos, são consideradas do tipo indireta.

Para os coeficientes energéticos de operações manuais, seguindo a metodologia de Bueno (2002), a determinação do GER (gasto energético no repouso) de cada trabalhador participante do experimento foi obtida através da equação 4, dada em kcal, e o dispêndio calórico final diário é apresentado em MJ. Utilizou-se somente mão-de-obra masculina nos trabalhos manuais do experimento.

Para o gênero masculino

$$\text{GER} = 66,5 + 13,75 P + 5,0 A - 6,78 I \quad (4)$$

Em que,

$P =$  massa em quilos

$A =$  altura em centímetros

$I =$  idade em anos completos

Já para os coeficientes energéticos de operações mecanizadas, a equação determinante e os coeficientes calóricos para o cálculo da depreciação energética das máquinas e implementos foram os mesmos adotados por Comitre (1993), Bueno (2002) e Romero (2005). Dessa forma, a equação da depreciação energética que foi utilizada segue abaixo:

$$\text{Depreciação energética} = (a + b + c + d) \cdot \text{vida útil}^{-1} \quad (5)$$

Em que,

$a =$  peso das máquinas ou implementos . coeficientes energéticos correspondentes

$b = 5\%$  de “a”

$c =$  número de pneus . peso . coeficientes energéticos de referência

$d = 12\%$  de  $(a + b + c)$

vida útil = em horas

Utilizaram-se os coeficientes energéticos para trator de  $3.494 \text{ Mcal} \cdot \text{t}^{-1}$  conforme Comitre (1993). Para pneus considerou-se  $20.500 \text{ Mcal} \cdot \text{t}^{-1}$  (DOERING, PEART, 1977). No que diz respeito a implementos e outros equipamentos, adotou-se os coeficientes energéticos encontrados em Doering III (1980), correspondendo a  $2.061 \text{ Mcal} \cdot \text{t}^{-1}$  para aqueles utilizados em todas as operações até o plantio ou semeadura e  $1.995 \text{ Mcal} \cdot \text{t}^{-1}$  para as demais operações pós-plantio ou semeadura.

Foram verificados em campo as dimensões, tipos e quantidade de pneus para cada um dos implementos e do trator. A massa de cada um dos pneus foi obtida através de catálogos do fabricante.

O gasto de graxa, o número de pontos, momento e injeções por ponto foram obtidos através de anotação de campo assim como o consumo específico de óleo diesel e graxa.

Considerou-se como poder calórico do óleo diesel o valor de  $10.100 \text{ kcal} \cdot \text{L}^{-1}$ , óleos lubrificantes de  $10.120 \text{ kcal} \cdot \text{L}^{-1}$  e graxa de  $10.200 \text{ kcal} \cdot \text{L}^{-1}$  (BRASIL, 2008), além disso, neste estudo do total energético do óleo diesel foram descontados 2% e adicionados à fonte biológica como biodiesel. Tal procedimento de cálculo foi adotado em razão de que o coeficiente energético do biodiesel, conforme Parente (2003), é muito próximo do poder calorífico do óleo diesel mineral.

Indicações em termos de vida útil e horas de uso por ano de máquinas e implementos agrícolas foram consultadas em IEA (2006). A operação de colheita foi totalmente manual.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os custos energéticos do agroecossistema pinhão-manso-milho, da implantação à condução, encontram-se detalhados na Tabela 1. Conforme os diferentes sistemas de condução, observou-se que o irrigado por aspersão foi o que apresentou o maior dispêndio, cerca de 6% superior ao sequeiro.



**Tabela 1:** Estrutura de dispêndios, por tipo, fonte, forma de energia bruta, balanço energético parcial, eficiências energética e cultural parciais dos sistemas de condução sequeiro e irrigado no agroecossistema pinhão-manso-milho, em MJ x ha<sup>-1</sup>.

TIPO, fonte e forma	SEQUEIRO		IRRIGADO	
	(MJ)	(%)	(MJ)	(%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	<b>21.038,88</b>	<b>82,36</b>	<b>21.672,45</b>	<b>75,32</b>
Biológica	11.795,80	46,17	12.429,37	43,20
Mão de obra	4.556,38	17,84	5.189,94	18,04
Sementes de milho	7.028,55	27,51	7.028,55	24,43
Sementes de pinhão-manso	58,55	0,23	58,55	0,20
ARS				
Percentual de biodiesel no diesel (2%)	152,32	0,60	152,32	0,53
Fóssil	9.243,08	36,18	9.243,08	32,12
Óleo diesel	7.463,69	29,22	7.463,69	25,94
Graxa	1.779,39	6,96	1.779,39	6,18
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	<b>4.506,57</b>	<b>17,64</b>	<b>7.101,27</b>	<b>24,68</b>
Industrial	4.506,57	17,64	7.101,27	24,68
Máquinas e Implementos	220,59	0,86	220,59	0,77
Sistema de irrigação por aspersão*			2.594,70	9,02
Adubo de plantio	3.435,43	13,45	3.435,43	11,94
Dessecante (herbicida)	695,01	2,72	695,01	2,41
Inseticida	155,54	0,61	155,54	0,54
<b>TOTAL</b>	<b>25.545,46</b>	<b>100,00</b>	<b>28.773,72</b>	<b>100,00</b>
<b>ENERGIA BRUTA DO MILHO</b>	<b>76.425,40</b>		<b>79.335,26</b>	
<b>BALANÇO ENERGÉTICO PARCIAL</b>	<b>67.182,31</b>		<b>70.092,18</b>	
<b>EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARCIAL</b>	<b>8,27</b>		<b>8,58</b>	
<b>EFICIÊNCIA CULTURAL PARCIAL</b>	<b>2,99</b>		<b>2,76</b>	

A diferença de 3.228,26 MJ.ha<sup>-1</sup> do sistema irrigado para o sequeiro para o irrigado pode ser explicado pelo sistema de irrigação e de seu funcionamento.

No agroecossistema em questão os custos energéticos foram de 25.545,46 MJ.ha<sup>-1</sup> para o sequeiro e 28.773,72 MJ.ha<sup>-1</sup> irrigado, diferentemente de Almeida (2007), Melo et al. (2007), Oliveira, Freitas e Fredo (2008) e Salla (2008), estudos acerca de agroecossistemas de milho os quais obtiveram valores entre 15.633,83 MJ . ha<sup>-1</sup> e 4.450,47 MJ . ha<sup>-1</sup>, no entanto, embora tais estudos avaliarem os mais diversos itinerários técnicos para esta cultura, nenhum deles tratava-se de um sistema consorciado, bem como um experimento de campo, portanto, a grande diferença apresentada entre o agroecossistema em questão e os demais; outros fatores relevantes a serem considerados neste caso são o uso de irrigação e o uso intensivo de máquinas e implementos em função das especificidades da área do experimento.

Quanto aos tipos de energia despendidas nos diferentes sistemas de condução, a energia direta no sistema de sequeiro com 82,35%, apresentou uma diferença de 64,71% em relação à energia indireta (17,64%). No sistema irrigado a variação foi de 50,64% (75,32% direta e 24,68% indireta), demonstrando que o tipo de energia direta é predominante, principalmente devido ao alto consumo de óleo diesel e o uso

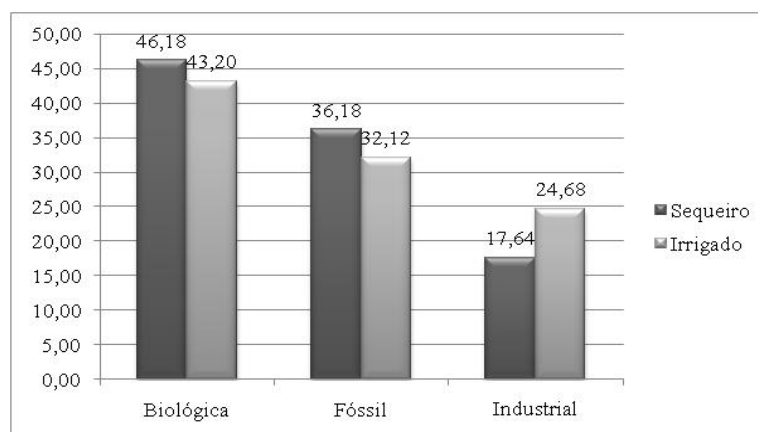
de sementes híbridas de milho; cabe destacar a importância do trabalho humano na composição destas energias diretas uma vez que dentro do possível tentou-se utilizar o máximo desta forma energética.

De uma forma geral o presente estudo apresenta similaridades com Bueno (2002), Santos (2006) e Sato (2007) do ponto de vista do uso predominante de energia direta, porém, no experimento utilizaram-se maiores quantidades de óleo diesel, sementes híbridas de milho e mão-de-obra, já nos trabalhos acima citados, o principal componente foi o óleo diesel; assim, pode-se afirmar que neste tipo de energia os sistemas de condução estudados são mais sustentáveis que os demais por utilizar uma grande quantidade de energia de fonte biológica, mas Bueno (2002) e Santos (2006) tratam de agroecossistemas exclusivamente de milho e Sato (2007) de monocultura de pinhão-manso em condução de sequeiro e irrigado.

Em termos numéricos, os estudos de Bueno (2002), Santos (2006) e Almeida (2007), tiveram respectivamente em média, 1,00%, 0,12% e 0,87% de energia investida na forma de mão-de-obra, e neste estudo utilizou-se 17,80% no sequeiro e 18,00% no irrigado, o que mais uma vez ressalta o avanço energético do itinerário técnico utilizado em termos de sustentabilidade do agroecossistema, já que nesta força de trabalho não existe a dependência de fontes não renováveis.

Com relação aos tipos de energias despendidas, como é possível se observar na Figura 1, a fonte biológica é a de maior participação nos dois sistemas de condução (46,17% para o sequeiro e 43,20% para o irrigado), seguida pela fóssil (36,18% para o sequeiro e 32,12% para o irrigado) e industrial (17,64% para o sequeiro e 24,68% para o irrigado).

Nos três sistemas fica evidente o desequilíbrio entre as fontes, no entanto, o mesmo se traduz em uma configuração positiva, uma vez que as fontes fóssil e industrial somadas ultrapassam pouco mais de aproximadamente 60,00% do total, diferentemente do estudo de Bueno (2002) onde a energia industrial representou 52,81%, a energia fóssil 35,30%, enquanto a biológica foi de 11,79%. Para Santos (2006) e Prachuco (2006) também houve maior dependência de fontes de energia industrial.



**Figura 1** - Participação das diversas fontes de energia nos sistemas de condução sequeiro e irrigado no agroecossistema pinhão-manso-milho em megajoules.

Comparando-se os sistemas, o sequeiro foi o de maior dependência de energia fóssil, o que não significa que seja mais mecanizado que os demais, o que ocorreu foi que proporcionalmente frente ao irrigado utilizou-se a mesma quantidade destas formas de energia, mas com menos fontes industriais, nesse caso, o sistema de irrigação em si.

Analisando a participação das diversas operações do itinerário técnico dos sistemas estudados (Tabela 2), constatou-se que as operações de plantio e adubação do milho, tanto mecanizadas quanto manuais responderam entre 84 e 75% aproximadamente do gasto energético nos dois sistemas, sendo as de maior gasto energético.

No sistema de condução de sequeiro a saída de energia estimada a partir da produtividade foi de 76.425,40 MJ . ha<sup>-1</sup> e no irrigado de 79.335,26 MJ . ha<sup>-1</sup>. Estabeleceu-se o balanço energético parcial do agroecossistema pinhão-manso-milho, conforme se pode observar na Tabela 1, cujo valor foi de 67.182,31 MJ . ha<sup>-1</sup> para o sequeiro e 70.092,18 MJ . ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 2** - Participação das operações do itinerário técnico nos sistemas de condução sequeiro e irrigado com ARS no agroecossistema pinhão-manso-milho em megajoules.

Operação	Participação Ener- % gética (MJ. ha <sup>-1</sup> )		Participação Ener- % gética (MJ. ha <sup>-1</sup> )	
	Sequeiro		Irrigado	
Preparo da área: aplicação de dessecante	697,07	2,73	697,07	2,42
Plantio mecanizado de milho + adubação de plantio	14.855,53	58,15	14.855,53	51,63
Plantio manual de milho+ adubação de plantio	6.639,44	25,99	6.639,44	23,07
Produção de mudas de pinhão-manso	96,95	0,38	96,95	0,34
Coveamento e transplante das mudas de pinhão-manso	3.042,00	11,90	3.042,00	10,57
Roçada manual	22,08	0,09	22,08	0,08
Aplicação manual de inseticida	162,92	0,64	162,92	0,57
Colheita manual	29,45	0,11	29,46	0,10
Irrigação por aspersão/ Fertirrigação com ARS	0,00	0,00	3.228,26	11,22
<b>TOTAL</b>	<b>25.545,46</b>	<b>100,00</b>	<b>28.773,72</b>	<b>100,00</b>

A partir dos itinerários técnicos estudados, o sistema de sequeiro obteve eficiência cultural parcial de 2,99 e o irrigado de 2,76, o que significa que para cada 16,22 MJ produzidos de milho, ou seja, um quilo de grãos foi necessário o uso de 5,42 MJ para o sequeiro de fontes biológicas, fósseis e industriais

(entradas energéticas), assim como 5,88 MJ para o irrigado, porém, estes valores estão superestimados, uma vez que não se contabilizou a saída da cultura perene.

Outro fator relevante para este resultado no sistema de condução irrigado é de que na realidade a água suplementar trata-se simplesmente da lâmina mínima necessária para o desenvolvimento da cultura e não necessariamente irrigação em si, o que certamente levou à baixa eficiência cultural deste sistema.

Com relação à eficiência energética parcial, o sistema de sequeiro obteve o valor de 8,27 e o irrigado de 8,58, o que significa que para cada quilo de grãos de milho produzidos (16,22 MJ) para as condições do consórcio em questão foram necessários a utilização de 1,96 MJ para o sequeiro e 1,89 MJ para o irrigado de entradas de energias não renováveis, que neste estudo corresponde às fontes fósseis, porém, estes valores estão superestimados, uma vez que não contabilizou-se a saída da cultura perene.

Ao contrário de Sato (2007) acerca de monocultura de pinhão-manso, no qual o sistema de sequeiro teve desempenho energético melhor que o irrigado devido ao não uso de fontes fósseis, nos sistemas estudados o sequeiro teve desempenho cultural melhor que o irrigado e energético pouco diferente (cerca de 0,31). Tais resultados podem ser explicados principalmente em função da baixa precipitação durante o desenvolvimento da cultura do milho.

#### **4 CONCLUSÕES**

Com relação ao balanço energético parcial, eficiência cultural e energética parciais não houve grandes diferenças entre os sistemas estudados, sendo possível afirmar que para as condições do experimento e para os sistemas de condução avaliados, do ponto de vista energético, os sistemas tem o mesmo desempenho.

#### **5 AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq na figura dos professores Dr. Antônio Evaldo Klar e Dr. Elisandro Pires Frigo, por viabilizarem tal estudo cedendo gentilmente parte de sua área experimental.

## 6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. C. F. **Avaliação energética econômica da cultura do milho em assentamento rural, Iperó-SP**. 2007. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes 2004**. São Paulo, 2005. 101p.

AUGUSTUS, G. D. P. S. et al. Evaluation and bioinduction of energy components of *Jatropha curcas*. **Biomass & Bioenergy**, n. 23, p. 161-164, 2002.

BEBER, J. A. C. **Eficiência energética e processos de produção em pequenas propriedades rurais**. 1989. 295 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1989.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional**. Brasília, 2008. 224 p.

BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá/ SP**. 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

COMITRE, V. **Avaliação energética e aspectos econômicos da filière 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, 1993.

DOERING, O. C.; PEART, R. N. **Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis**. Indiana: Purdue University, 1977. 128 p.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

GONZAGA NETO, L. Produtividade e competitividade dependem do aumento de hectares irrigados. **Revista dos Agrônomos**, São Paulo, v.3, n.1, p.14 - 20, 2000.

IAPAR. FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O milho no Paraná**. Londrina, 1991. 303 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 2006**. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuario.pdf>>.

Acesso em: 05 out. 2009.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. 2006. Disponível em: < <http://www.iea.com.br>>. Acesso em: 7 jan 2009.

LEACH, G. **Energy and food production**. London: International Institute for environment and Development, 1976, 192 p.

MELO, D. de, et al. Balanço energético do sistema de produção de soja e milho em uma propriedade agrícola do oeste do Paraná. **Acta Scientia Agronomica**, Maringá, v. 29, n. 2, p.173-178, 2007.

OLIVEIRA, M. D. M.; FREITAS, S. M. de; FREDO, C. E. Análise energética da produção de oleaginosas no estado de São Paulo. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 3, n. 6, p.1-4, jun. 2008.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel**: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Tecbio, 2003.

PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 52, n. 2, p. 111-119, 1992.

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

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

PRACUCHO, T. T. G. M. **Análise energética e econômica da produção de milho (*Zea mays*) em sistema de plantio direto em propriedades familiares no município de Pratânia-SP**. Botucatu, 2006. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

RISOUD, B. Développement durable et analyse énergétique d'exploitations agricoles. **Économie Rurale**, n. 252, p. 16-27, juil / août, 1999.

ROMERO, M. G. C. **Análise energética e econômica da cultura de algodão em sistemas agrícolas familiares**. 2005. 139 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SALLA, D. A. **Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho**. Botucatu, 2008. 168 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

SANTOS, R. R. dos. **Análise energética do milho em sistema de plantio direto, em assentamento rural, Itaberá/SP**, 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

SATO, M. **Avaliação energética da implantação da cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*) destinada à produção de sementes: estudo de caso**. 2007. 114 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

SATURNINO, H. M. et al. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

TSATSARELIS, C.A. Energy inputs and outputs for soft winter wheat production in Greece. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.43, n.2, p.109-18, 1993.