

## **Avaliação da eficiência energética na cultura da soja (*Glycine max merr.*) para produção de biocombustíveis**

FERREIRA, R. S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Integrado - Colégio e Faculdade de Campo Mourão - Paraná  
Rodovia BR 158, km 207 - Cep: 87300-970. e-mail: regina@saaradistribuidora.com.br

### **RESUMO**

Os agroecossistemas na atualidade utilizam técnicas convencionais para produzir, sendo estes dependentes de insumos, defensivos e combustíveis, apresentando alto custo energético. A energia usada nestes sistemas deriva de fontes não renováveis como os minerais e o petróleo, sendo que no mundo suas reservas estão em declínio. Surge a necessidade em pesquisar fontes alternativas e renováveis de energia, avaliando sua viabilidade energética e econômica. O objetivo de estudar o balanço energético na cultura da soja (*Glycine max* Merr.) permite avaliar estas novas fontes, como o biodiesel. Sendo assim, foi realizado um levantamento a campo conduzido no município de Rancho Alegre D'Oeste, no estado do Paraná (PR), onde nesta propriedade os aportes de energia cultural foram identificados e analisados. O total de aportes de energia cultural investida foram de 7896,86MJ ha<sup>-1</sup> sendo sua produção energética de 60595,45MJ ha<sup>-1</sup>. Os dados obtidos foram submetidos a um índice que analisa a quantidade de energia contida na biomassa colhida em relação á quantidade de energia cultural exigida para produzi-la. Os resultados evidenciaram que para cada 1MJ de energia investida obteve-se 7,67MJ de energia. Entretanto este agroecossistema apresenta-se energeticamente ineficiente, pois o aporte energético cultural biológico possui um percentual de 0,051% do total de energia investida, sendo esta energia proveniente de fontes renováveis.

Palavras-chave: agroecossistema, eficiência, energia renovável.

### **ABSTRACT**

#### **Assesment of energetic efficiency of soy culture (*Glycine max merr.*) to production of bio-combustible.**

Nowadays, the agroeco-systems have been using conventional techniques to produce, it always going to depend of the agriculture products to maintenance the culture, defensives and combustible, showing us a high cost energetic. The energy used in this systems comes from the nature source and their aren't renewable like the minerals and oil, even that, all around the world the reserves are on decline. The necessity appears in to search new nature source alternatives and renewable energies, checking if its feasible in energy & economic. The object of being study this energetic balance of the soy (*Glycine max* Merr.) culture; give us the opportunity to available new nature sources; like the biodiesel. Therefore, it was made a recognition of a country in a small town calls Rancho Alegre D'Oeste – State of Paraná – Brazil; than it was identified and checking all the outdoors – energy culture in this country property. The total of the outdoors-energy culture investment was 7896,86MJ ha<sup>-1</sup> and the energetic produce was 60595,45MJ ha<sup>-1</sup>. The results obtained in this experience was submitted in the index that analyse how much was the energy on the biomass takes in relation of the culture energy on demand to produce the results show us that each 1MJ of energy invested

Data do envio: 19/10/2010

Data do aceite: 24/06/2011

Scientia Agraria Paranaensis

Volume 10, número 3 - 2011, p 82 - 91.

mean it to gave us back about 7,67MJ of energy. In the meantime this agroeco-systema presents a lot of inefficient energeties cause the outdoors-energy culture and biologic has a low percentual as 0,051% in total of the energy invested; even this type of energy being from renewable sources.

**Key-Words:** Efficient, agroeco-systema, renewable energies.

## INTRODUÇÃO

O início da agricultura ainda é uma incógnita para os pesquisadores, pois há muitas incertezas de como ocorreu seu surgimento. Estima-se que as primeiras lavouras tenham sido intencionalmente semeadas por volta de dez mil anos atrás. O certo é que as civilizações que nos antecederam, tempo em que criavam a escrita, já tinham desenvolvido uma notável capacidade agrícola, que lhes havia possibilitado sedentarizar-se e estabelecer sistemas sociais e culturais complexos. Com o avanço da tecnologia e o crescimento da população houve grande demanda pelos recursos naturais, chegando ao ponto da sua completa escassez. (KHATOUNIAN, 2001).

Na primeira Revolução da agricultura que ocorreu nos séculos XVII ao XIX os sistemas agrícolas tradicionais de cultivo, eram baseados em diferentes métodos para melhorar a fertilidade do solo, sendo o desenvolvimento das culturas baseado em sistema de rotação de cultura, uso de fertilizantes orgânicos ou áreas em pousio. (EHLERS, 1999; ROMEIRO et al. ,2002).

Para realizar os trabalhos dentro dos agroecossistemas em função deste novo método de cultivo, iniciou-se uma grande utilização de fontes de energias externas não renováveis. Assim criou-se uma grande dependência destes sistemas de produção por estas fontes, sendo este modelo de agricultura usado até a atualidade (ODUM, 1983).

Na produção de alimentos as fontes de energias são divididas em diferentes grupos, podendo ser ecológica onde a energia solar é um exemplo, ou cultural sendo a energia suprida por seres humanos, para otimizar a produção de biomassa em agroecossistemas. A energia cultural ainda divide-se em biológica, sendo a energia derivada de fontes humanas e animais, e a industrial que são derivadas de fontes não biológicas, onde se encontra os combustíveis de origem fósseis (petróleo) e minerais (fertilizantes) (GLIESMAN, 2001; ODUM, 1983).

A utilização da produção vegetal como energia, pode ser uma alternativa viável. Para isso é necessário realizar um estudo ecoenergético, para analisar as fontes energéticas que esta produção vegetal depende, bem como para analisar a eficiência do agroecossistema. Uma das principais fontes de energia que pode suprir a demanda na falta do petróleo é os combustíveis de origem vegetal ou biocombustíveis. Estes combustíveis alternativos podem ser extraídos de diversas plantas como a soja (*Glycine max* Merr.) entre outras, por meio de processo industrial (BRUNS, 2007).

A cultura da soja apresenta-se como uma promissora alternativa para produção de biocombustíveis. Em 2003, o Brasil figura como o segundo produtor mundial, responsável por 52, das 194 milhões de toneladas produzidas em nível global ou 26,8% da safra mundial (EMBRAPA SOJA, 2007).

A cadeia produtiva do biocombustíveis é extensa e se inicia na produção das culturas oleaginosas, em seqüência há processos de extração do óleo vegetal por esmagamento, e a transformação desses produtos em biodiesel (BRUNS, 2007). Para produção desta planta é preciso todo um investimento de energia, em todo o período da cultura, desde a semeadura até a colheita. A mão-de-obra, combustível, adubação, insumos, defensivos são as principais entradas de energia “*Inputs*”, no cultivo desta planta para produção da matéria prima necessária à indústria.

Em função de todo este investimento de energia na produção desta matéria prima, é necessário fazer uma análise ecoenergética neste sistema de cultivo. Segundo Iapar (1989) apud Rodak (2005), a análise ecoenergética surgiu no século XIX com intuito de fornecer subsídios para uma melhor gestão dos recursos naturais. Por meio da análise ecoenergética, podem-se avaliar as bases ecológicas e a gestão dos recursos naturais de diferentes sistemas sociais, percebendo qual o melhor e o mais adequado recurso a ser utilizado em cada sistema. O balanço energético visa estabelecer os fluxos de energia, identificando a demanda total e a eficiência, refletida pelo ganho líquido e pela relação saída/entrada (CAMPOS, 2004 e ODUM, 1983). Nesse processo quantificam-se todos os insumos utilizados e produzidos que são transformados em unidades de energia.

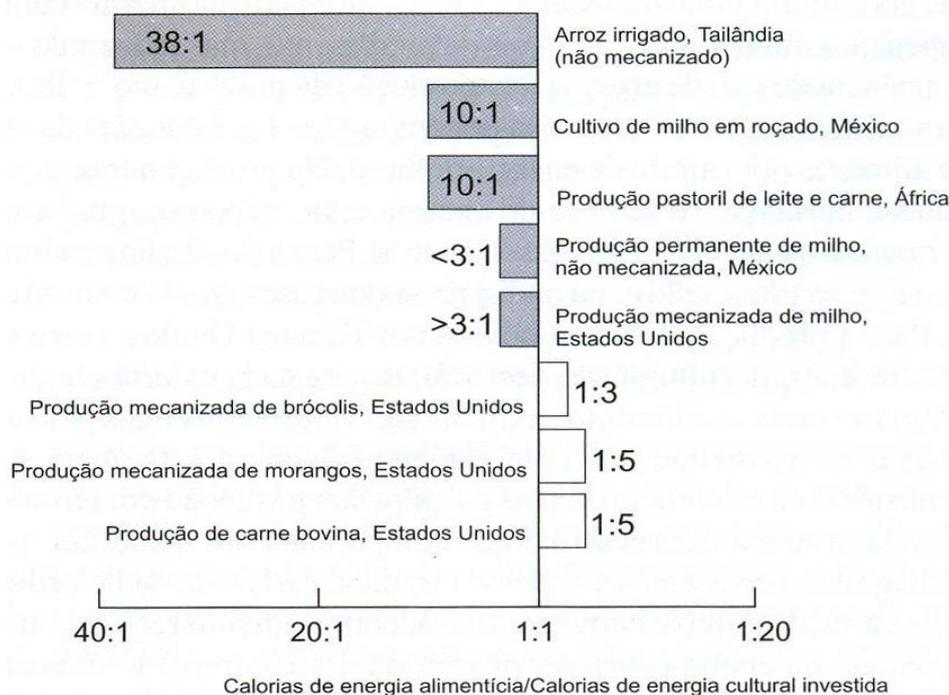
Para Altieri (1998), a produção sustentável em um agroecossistema deriva do equilíbrio entre plantas, solos, nutrientes, luz solar, umidade e outros organismos coexistentes.

Os balanços energéticos são indicadores relacionadores de energia e constituem promissora abordagem técnica para avaliar e investigar problemas relacionados à sustentabilidade e eficiência de sistemas agrícolas (GIAMPIETRO et al. 1992 apud ANGONESE, 2005).

A partir do ano de 1970, a elevada demanda da agricultura convencional por recursos naturais e energéticos, inclusive de fontes não-renováveis, passou a chamar à atenção de ambientalistas e pesquisadores (RTA/SUL, 1998).

Uma pesquisa realizada em São Paulo pelo instituto de economia agrícola mostrou que 80% da energia consumida pela agricultura paulista são de origem fóssil, e, que para cada caloria empregada na agricultura obtém-se 1,2 cal aproveitáveis, indicando um balanço energético muito ruim (CASTANHO FILHO e CHABARIBERI, 1998 apud RODAK, 2005).

Aportes maiores de energia podem possibilitar aumento da produtividade, porém, não há uma relação direta entre esses dois fatores. Quando o aporte de energia é muito alto, o retorno deste investimento, frequentemente, é mínimo. Existem agroecossistemas que apresentam uma eficiência energética superior, e que pode ser encontrado em diversos lugares do planeta como nos mostra a (Figura 1) (GLIESSMAN, 2001).



**Figura 1.** Proporção de energia em diferentes agroecossistemas e o seu retorno.  
 Fonte: Dados de (PIMENTEL, 1980; COX et al. 1979 apud GLIESMAN, 2001).

Diante disso este projeto teve por objetivo, avaliar a eficiência energética na cultura da soja para a produção de biocombustíveis.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma propriedade com uma área de 113 ha<sup>-1</sup> sendo a mesma cultivada com soja, denominada Sitio Parati localiza-se na estrada Chico Gato próximo a Br 369. Apresenta Latitude 24° 12' 15" e Longitude 52° 23' 32", altitude 485m, no município de Rancho Alegre D' Oeste, estado do Paraná.

O clima da região apresenta temperatura moderada com chuvas bem distribuídas e verão quente. Nos meses de inverno há ocorrência de geadas, sendo a média de temperatura neste período inferior a 16°C. No mês mais quente as máximas são maiores que 30°C. O solo predominante na região é classificado como ARGISSOLO VERMELHO Distrófico (EMBRAPA, 1999).

Nesta propriedade o trabalho de levantamento foi realizado na safra de 2006 a 2007. A semeadura foi realizada entre o dia 30 de outubro 2006. A variedade de soja utilizada na semeadura foi a Coodetec 214 RR, sendo que a mesma foi tratada com fungicida, inseticida, micronutriente e inoculante. Esta variedade de soja apresenta ciclo precoce, e possui recomendação para semeadura na região, onde está situado à propriedade, sendo a época ideal para semeadura a partir do dia 20 de Outubro.

Foram realizadas duas aplicações de pós-emergentes visando o controle das plantas daninhas, e também foi utilizado inseticida para o controle de lagartas. No período de desenvolvimento da cultura foram realizadas duas aplicações de fungicidas, para o controle de doenças, sendo que na primeira aplicação adicionou inseticida visando o controle de lagartas e percevejos.

Na segunda aplicação de fungicida foi adicionado inseticida visando

principalmente o controle de percevejos, sendo novamente necessário realizar uma última aplicação de inseticida. A colheita teve seu início no dia 30 de fevereiro 2007, com término no dia 12 de março 2007, alcançando uma produtividade média de 60,33 sc ha<sup>-1</sup>.

## **ANÁLISE ECOENERGÉTICA**

Para realizar o cálculo da eficiência energética dentro de uma propriedade levantou-se, a quantidade, dosagens e quais os insumos e defensivos utilizados, o volume do combustível, e o número em horas da mão-de-obra usada no sistema de produção avaliado, ou seja, as entradas de energia. Foi levantado também a produtividade da cultura, ou seja, a saída de energia do sistema. Após a coleta dos dados, devem ser somadas todas as entradas de energias e comparada com a energia proveniente da matéria prima produzida.

A unidade utilizada será o Mega-Joule (MJ), por se tratar de uma unidade adotada pelo Sistema Internacional. Com este levantamento determinou-se toda a entrada e saída de energia, dentro do sistema de produção. Para realizar a análise, foi calculada a eficiência energética (E), utilizando a fórmula que segundo um padrão metodológico citado por Miranda et. al. (1985) corresponde a:  $E = \text{Saídas/Entradas}$ .

Cada componente que entra no sistema de produção, possui um índice de conversão energética. Utiliza-se como referência para a obtenção desse equivalente energético, trabalhos de Zanoni e Martinez (1985 apud MIRANDA et al 1985), MARCHIORO et al (1985), e PIMENTEL et al (1979 apud MARCHIORO et al 1985), FERRARO (1999), FLUCK e BAIRD (1982), HETZ (1992 apud ROMANELLI, 2002).

É necessário relatar que a entrada de energia referente a equipamentos utilizados como semeadoura, trator, calcareadura, pulverizador e colhedoura não serão calculado seu gasto energético. Isto ocorre em função da falta de referência bibliográfica, que apresente dados necessários para proceder ao cálculo do equivalente energético para os equipamentos.

Produtos como espalhante adesivo, micronutriente, e inoculante, utilizados no desenvolvimento da cultura, não serão analisados ao fazer o cálculo da eficiência energética, pois não se encontrou referência bibliográfica que informe seus valores energéticos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nos (Quadros 1 e 2) estão apresentados os resultados referentes aos valores de entrada e saída energia, respectivamente, para o tratamento proposto.

Ao realizar o levantamento da cultura e analisando os dados obtidos, foi observado que cada ha<sup>-1</sup> da propriedade apresentou uma entrada de energia (inputs) igual a 7897,02MJ, e saída de energia (outputs) igual a 60595,45MJ. A avaliação da eficiência energética para a cultura em questão resultou em 7,67MJ de energia produzida, para cada 1MJ de energia investida no agroecossistema.

**Quadro 1.** Aportes de energia cultural em sistema para produção da cultura da soja

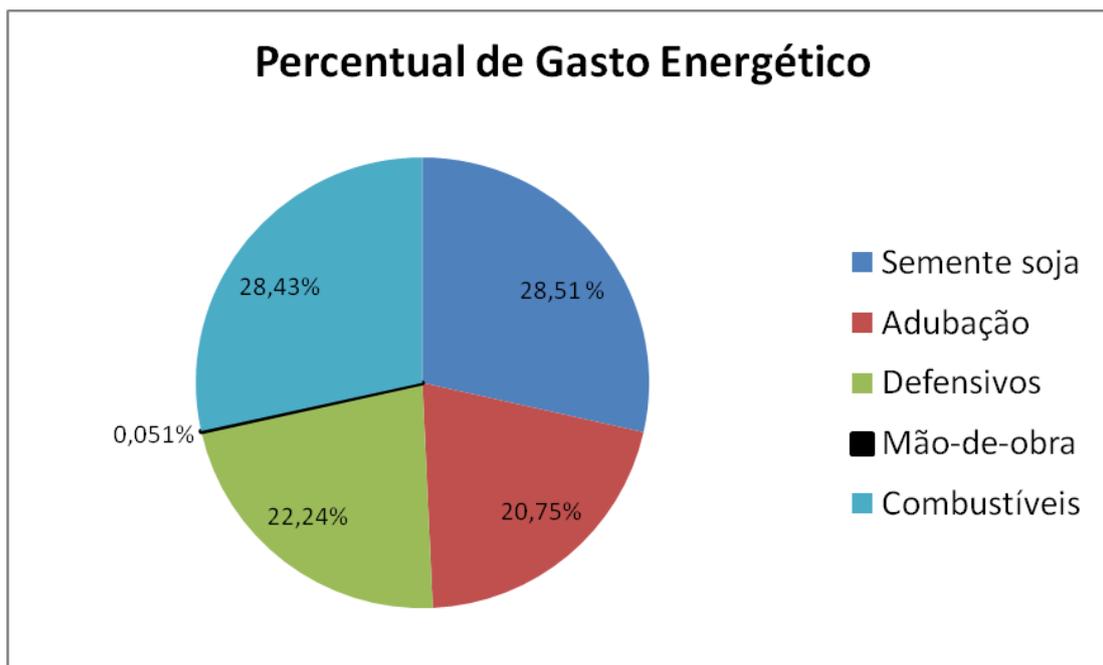
<b>Entrada de energia</b>	<b>Quantidade ha<sup>-1</sup></b>	<b>Índice de energia</b>	<b>Referência dos índices energéticos</b>
Mão-de-obra humana	4,37horas	0,94MJ/h	ZANONI, M.M. et al. MARTINEZ, J.L. (1985).
Sementes	67,25kg	33,48MJ/kg	MARCHIORO, N.P.X. et al. MIRANDA, M. (1985) PIMENTEL, D. et al. PIMENTEL, M. (1979).
Adubo 00-28-00	261,94kg	3,93MJ/kg	PIMENTEL, D. et al. PIMENTEL, M. (1979).
Cloreto de Potássio	84,95kg	7,19MJ/kg	FERRARO JUNIOR (1999).
Herbicida	3,44kg de i.a	454,20MJ/kg	FLUCK & BAIRD (1982).
Inseticida	0,724kg de i.a	184,71MJ/kg	PIMENTEL (1980) * citado por HETZ (1992).
Fungicida	0,621kg de i.a	97,13MJ/kg	PIMENTEL (1980) * citado por HETZ (1992).
Óleo diesel	45,46 l	47,78MJ/L	PIMENTEL, D. et al. PIMENTEL, M. (1979). MIRANDA, M. et al. MARCHIORO, N.P.X. (1985).
Gasolina	1,74 l	42,29MJ/L	PIMENTEL, D. et al. PIMENTEL, M. (1979) MIRANDA, M. et al. MARCHIORO, N.P.X. (1985).
<b>Total</b>			<b>7897,02MJ</b>

**Quadro 2.** Saída de energia cultural do sistema de produção da cultura da soja

<b>Saída de energia</b>	<b>Quantidade ha<sup>-1</sup></b>	<b>Índice de energia</b>	<b>Referência</b>
Soja Grão	3619,8 kg	16,74 MJ/ kg	MIRANDA, M, et al. MARCHIORO N.P.X (1985), MIRANDA, M. et al. MARCHIORO
<b>Total</b>			<b>60595,45MJ</b>

Mesmo apresentando eficiência energética positiva, este agroecossistema se mostra energeticamente ineficiente, pois a energia cultural biológica que é uma fonte de energia renovável possui a menor participação dentro do custo energético total. Os recursos que tiveram maior participação, dentro de todo o gasto energético são os procedentes de fontes de energia cultural industrial.

A (Figura 2) pode confirmar esta ineficiência através do percentual separadamente de cada aporte cultural, com seu devido valor energético.



**Figura 2.** Percentual do valor energético de cada aporte cultural utilizado no agroecossistema.

Para demonstrar a baixa eficiência neste agroecossistemas, pode ser feita uma comparação com outros agroecossistemas conduzidos em outras partes do mundo. O sistema de produção de arroz irrigado não mecanizado na Tailândia apresenta um maior aporte de energia cultural biológica, chegando a uma eficiência energética de 38:1. No México o sistema do cultivo de milho em roçado, apresenta uma eficiência de 10:1 podendo ser considerado como ideal (PIMENTEL, 1980; COX et al. GLIESMAN, 2001).

A energia cultural biológica é renovável, e representa 0,05% do total de energia gasta no agroecossistema pesquisado, e 99,95% do restante é energia cultural industrial, diante desse resultado fica clara a ineficiência energética deste sistema. Durante uma mesa-redonda o professor do Instituto de Geociências da UnB ( Universidade de Brasília) e coordenador do projeto Quintas do Futuro , Jose Carlos Gaspar (2007) lembra que os biocombustíveis, ao contrário do senso comum, não são fontes limpas nem renováveis de energia.

São fontes “suja”, porque geram poluição quando transformadas, e não renováveis porque dependem de fertilizantes para serem produzidas e por isso, de nutrientes finitos como fósforo e potássio. “A agroenergia é uma alternativa para o problema, não uma solução definitiva para a crise energética no mundo. Ela deve ser usada com responsabilidade e ponderação” afirma.

Diante de tais resultados é necessário repensar as entradas de energias nos agroecossistemas, podendo assim melhorar a sua eficiência energética, diminuindo a dependência dos recursos não renováveis. Devem ser levadas em consideração outras fontes de energia na utilização em agroecossistemas, evitando a energia cultural industrial, que além de não ser renovável, afeta todo um equilíbrio natural de um sistema, sendo necessário aumentar o uso de energias culturais biológicas, por ser estas energias “limpas” e renováveis.

## CONCLUSÃO

Mesmo sabendo que a cultura da soja não utiliza nitrogênio proveniente da indústria, onde seu processo de formação de planta é favorecido por simbiose com bactérias que fixam nitrogênio do ar, ela ainda apresenta alta dependência de fontes de energia não renováveis, pois possui um baixo índice da utilização de energia humana ou biológica na formação da cultura. A utilização de energia cultural biológica pode diminuir significativamente a dependência de agroecossistemas, por fontes de energias não renováveis. Existe uma problemática mundial relacionada aos recursos naturais não renováveis onde se buscam alternativas para resolver esta questão. Porém diante desta análise fica claro que a cultura da soja não se apresenta eficiente sob o ponto de vista energético e econômico, para ser utilizada como um biocombustível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ambiente Brasil.; **Classificação clima Cfa.**

Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer>>. Acesso em: 24 de nov. 2007

ALTIERI, M.; Agroecologia. **A Dinâmica Produtiva da Agricultura Sustentável**, v4, p. 15 -19, Porto Alegre, 2004.

ANGONESE, A. R.; **Uso de Energia em Unidade Suinícola em Sistema de Terminação com Tratamento de Resíduos.** Dissertação de Mestrado.

Disponível em: <<http://www.nipeunicamp.org.br>>. Acesso em: 10 de jun.2007.

BRUNS, R.; **Bioenergia Soluções Caminham a Passos Largos, mas ainda há muitos Obstáculos.** Revista CREA PR, Mai e Jun 2007. Ano 09, Número 45, p. 20 -25.

CAMPOS, A.T.; Balanços Energéticos Agropecuários:uma importante ferramenta como indicativo de Sustentabilidade de Agroecossistemas. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1977-1985, Santa Maria, nov - dez, 2004. Tese de Doutorado.

EHLERS, E.; Origens e Perspectivas de um novo Paradigma. **Agricultura Sustentável**, v2, p. 15 – 86, Guaíba, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** v1, p. 129 – 131. Rio de Janeiro, 1999.

GASPAR, C, J.; **Projeto Quintas do futuro.** Maio 2007.

Disponível em: <<http://www.secom.unb.br/unbagencia/ag0807-40.htm>>. Acesso em: 18 de nov. 2007.

GAZZONI, D, L.; FELICE, P, H, N.; CORONATO, R, M, S. **Balço Energético das Culturas de Girassol para Produção de Biodiesel**. Dissertação de Mestrado 2006. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/agricultura>>. Acesso em: 24 de nov. 2007.

GLIESSMAN, S, R.; **Agroecologia: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável**. Porto Alegre. Ed. Universidade/UFRGS, 2001. p. 509-533

MIRANDA, M.; MARCHIORO, X, P, N.; **1º Treinamento em Análise Ecoenergética de Sistemas Agrícolas**. Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. IAPAR. V1, p. 04-39. Curitiba, 1985.

ODUM, E. P.; **Ecologia**. Editora Guanabara Koogan. 1983, p.33-54.

RODAK, Q. K.; **A Agroecologia e Agricultura Familiar da Região Centro-sul do Paraná**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná p.103, Curitiba, 2005.

ROMANELLI, T, L.; **Moldagem do Balço Energético n Alimentação Suplementar para Bovinos**. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, 2002.110p.

ROMEIRO, A. R.; ASSIS, R, L. (**Agroecologia e Agricultura Orgânica: Controvérsias e Tendências**). Desenvolvimento e Meio Ambiente: Caminhos da Agricultura Ecológica. Curitiba – PR: Editora UFPR, nº 6, 2002, p.67-80.

ROMERO, M. G. C.; BUENO, O.; ESPERANCINI, M. S. T; **Análise Energética e Econômica da Cultura de Algodão em Sistemas Agrícolas Familiares**. V.21, n.4, p.81-97, Botucatu, 2006. Dissertação de Pós-graduação. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br>>. Acesso em: 10 de jun. 2007.

RTA/SUL (Rede Tecnologias Alternativas/Sul). Interconectando idéias e ideias na construção da agricultura do futuro IN: ALMEIDA,J.;NAVARRO, Z.:(org) **Reconstruindo a Agricultura: ideais e idéias na perspectiva de um desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre. ED. Universidade/UFPR, 1998. p.169-185.

ZANINI, A.; CAMPOS, A. T.; PRESTES, T. M. V.; DALMOLIN, M. F.S.; CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; **Análise do Consumo de Energia na Produção de Silagem de Milho em Plantio Direto**. 2003. Disponível em: <<http://www.ppg.uem.br>>. Acesso em: 10 de jun. 2007.

KHATOUNIAN, C. A.; **A reconstrução Ecológica da Agricultura**, v1, p. 17- 40, Botucatu, 2001.