

## Estudo energético da produção de biocombustível a partir do milho

### Energetic study of ethanol production from the corn crops

Diones Assis Salla<sup>I</sup> Fernanda de Paiva Badiz Furlaneto<sup>II\*</sup> Claudio Cabello<sup>III</sup>  
Ricardo Augusto Dias Kanthack<sup>II</sup>

#### RESUMO

Objetivou-se analisar energeticamente a produção de etanol a partir do milho (*Zea mays* L.). As pesquisas de campo foram realizadas na região paulista do Médio Paranapanema, São Paulo (SP), no período de janeiro a dezembro de 2007. Avaliou-se o consumo energético referente às fases de produção e processamento industrial do grão. O custo energético total da produção agrícola correspondeu a 15.633,7MJ ha<sup>-1</sup>, e o item mais oneroso foi o de “insumos” (77,5%). Nas etapas industriais, o consumo energético foi equivalente a 3.882,2MJ t<sup>-1</sup>. As operações de “hidrólise, sacarificação e tratamento do caldo” representaram 50,2% do dispêndio energético total. O custo energético do milho foi de 7,9MJ L<sup>-1</sup> nas operações agrônômicas de produção e 11,8MJ L<sup>-1</sup> nas etapas de processamento industrial. O balanço energético do cultivo e da industrialização foi de 1,2MJ.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., balanço energético, energia renovável, sustentabilidade ambiental.

#### ABSTRACT

This research analyzed the energetic consumption of ethanol from the corn crops (*Zea mays* L.). The field surveys were carried out in the Middle Paranapanema River Region, São Paulo state, Brazil, in the period from January to December 2007. The energy consumption on stage of production and industrial processing of grain were evaluated. It was verified that the total energetic cost of the crop production corresponded to 15,633.7MJ ha<sup>-1</sup>, and the most onerous item was the “inputs” (77.5%). In the industrial step, the energetic consumption was equivalent to 3,882.2MJ t<sup>-1</sup>. The operations of “hydrolysis, saccharification and treatment of the broth” represented 50.2%

of the total energetic expenditure. It was also observed an energetic cost of 7.9MJ L<sup>-1</sup> in relation to the ethanol produced in the main crop production operations, and 11.8MJ L<sup>-1</sup> in the industrial processing. The energy balance of crop production and industrialization was of 1.2MJ.

**Key words:** *Zea mays* L., energy balance, renewable energy, environmental sustainability.

#### INTRODUÇÃO

Atualmente os problemas relativos ao desenvolvimento econômico mundial estão relacionados com a capacidade energética de cada país. Essa dependência decorre do uso de fontes de carbono fóssil, das quais 36% correspondem ao petróleo; 23%, ao carvão; e 21%, ao gás natural (HERNANDEZ, 2008). Dessa forma, destaca-se a importância da produção de energias alternativas para suprir a demanda energética das grandes nações e proporcionar a expansão dos países em crescimento a partir de fontes provenientes da agricultura (VILELA & ARAÚJO, 2006; PAULILLO et al., 2006).

Nesse contexto, políticas públicas têm estimulado a produção de energia renovável em diversos países. Estima-se que as fontes alternativas de energia provenientes da biomassa devem movimentar expressivos volumes de recursos nas

<sup>I</sup>Secretaria de Extensão Agroflorestal e Produção Familiar (SEAPROF), Rio Branco, AC, Brasil.

<sup>II</sup>Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), 17515400, Marília, SP, Brasil. E-mail: fernandafurlaneto@apta.sp.gov.br.

\*Autor para correspondência.

<sup>III</sup>Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Botucatu, SP, Brasil.

transações agrícolas internacionais, nos próximos anos (GONÇALVES JUNIOR et al., 2009). Porém, URQUIAGA et al. (2005) relatam que pouca atenção vem sendo dada aos estudos do balanço energético, que estabelece a relação entre o total de energia contida no biocombustível e o total de energia fóssil investida na sua obtenção, incluindo o processo agrícola e industrial.

Nos últimos anos, o mercado mundial do milho vem se reestruturando visando a atender a crescente demanda por combustíveis renováveis, além da produção de álcool para bebidas e fins industriais. Esse cereal tornou-se uma das principais fontes para produção de etanol (SOLOGUREN, 2007). O Brasil e os Estados Unidos são líderes mundiais na produção de etanol. A produção mundial de etanol, em 2006, foi de 13,5 milhões de galões. O Brasil contribuiu com 33,3% desse volume, produzindo álcool a partir da cana-de-açúcar, e os Estados Unidos produziram 36,3%, a partir do milho (SOUZA & ANDREOLI, 2007).

No ano de 2009, o Brasil foi o terceiro principal produtor dessa *commodity*, ficando atrás somente dos Estados Unidos e da China (TONIN & PERON, 2009). Apenas 5% do milho produzido no país destina-se ao consumo *in natura*, 65% são utilizados na alimentação animal e 30% são processados na indústria. São Paulo e Paraná são os principais Estados produtores de milho (CRUZ & PEREIRA FILHO, 2005).

Diante desse panorama, o presente trabalho tem com objetivo fazer uma análise energética do processo produtivo e industrial do biocombustível produzido a partir do milho na região do Médio Paranapanema, Estado de São Paulo (SP).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Fonte de dados

Para o estudo das energias despendidas nos processos envolvidos na produção de etanol proveniente do milho, escolheu-se a região paulista do Médio Paranapanema, por ser um agroecossistema representativo no cultivo e na industrialização da matéria-prima.

No cultivo, na colheita e no transporte, detalharam-se o número de horas utilizadas com a mão-de-obra e a quantidade de insumos gastos no processo produtivo. Por fim, realizou-se a conversão das unidades físicas em unidades energéticas (PIMENTEL, 1980).

### Etapas de produção agrônômica

As matrizes dos coeficientes técnicos das operações agrônômicas foram levantadas na

COOPERMOTA, em Cândido Mota-SP, na Cooperativa Agrícola de Pedrinhas Paulista (CAP), em Pedrinhas Paulista-SP, na Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio do Médio Paranapanema (APTA) e no Escritório de Desenvolvimento Rural (EDR/CATI), localizados no município de Assis-SP.

Foram consideradas as seguintes operações de implantação e condução da lavoura: dessecação, manutenção de carregadores, manutenção do terraço, aplicação de calcário, plantio/adubação, adubação de cobertura, duas aplicações de herbicida, duas aplicações de inseticida, colheita mecanizada, manutenção e transporte de máquinas, transporte interno de insumos e transporte externo dos grãos até a indústria. Na análise do consumo energético total da produção do milho, adotou-se o termo “preparo de área”, para representar a energia da mão-de-obra empregada nas operações de dessecação, manutenção de carregadores, manutenção de terraços e aplicação de calcário, bem como a energia do óleo diesel consumido nessas operações.

O termo “plantio” refere-se à energia da mão-de-obra e do óleo diesel despendida nas atividades de tratamento das sementes e na adubação de semeadura. A terminologia “insumos” representa os seguintes itens: calcário, sementes, inseticidas, formicidas, herbicidas e fertilizantes. “Condução da lavoura” envolve a energia da mão-de-obra e do consumo de óleo diesel consumido nas atividades com o uso do cultivador, a aplicação de formicida, a aplicação de inseticida, a aplicação de herbicida, a manutenção e o transporte de máquinas, o transporte interno de insumos, a adubação de cobertura, a manutenção e o transporte da produção até a indústria.

A “colheita” reúne as energias usadas pela mão-de-obra e pelo consumo de óleo diesel nas operações de colheita mecanizada. O “transporte até a indústria” incorpora a energia consumida pelo operador do caminhão no transporte da produção de um hectare de milho até a indústria, bem como a do óleo diesel consumido no trajeto de ida até a agroindústria. Para o cálculo do transporte até a indústria, foram adotadas uma distância média de 30km e uma produtividade de 6t ha<sup>-1</sup>.

O valor da depreciação energética das máquinas e dos equipamentos na fase agrícola seguiu o índice disponível na literatura para o agroecossistema milho, correspondendo a 250,5MJ ha<sup>-1</sup> (BUENO, 2002).

### Etapas de processamento industrial

A matriz dos coeficientes técnicos do processamento industrial do milho foi elaborada com base em medições e informações coletadas durante os

meses de janeiro a dezembro de 2007. Os dados relativos ao consumo energético (energia fóssil) das operações industriais foram obtidos por meio das especificações fornecidas pelos fabricantes dos equipamentos.

Os pontos de coleta de dados foram: pesagem, transporte dos grãos de milho para a moagem, moagem, roscas espirais de condução do milho e do fubá, diluição do fubá, hidrólise, sacarificação, fermentação e destilação. As operações foram determinadas seguindo o modelo operacional adotado pela Usina Coraci Destilaria de Álcool Ltda, localizada no município de São Pedro do Turvo-SP.

Na análise do consumo energético industrial, adotou-se o termo “desintegração/moagem” para as etapas de pesagem, transporte por rosca espiral dos grãos e moagem. O termo “hidrólise/sacarificação” inclui as operações de esteira de fubá, diluição e bomba de fubá diluído, misturadores, bombas de transferência e resfriamento e agitadores. Na etapa da “fermentação”, considerou-se o consumo de energia dos agitadores e da bomba de transferência do vinho para as dornas. A “destilação” representa o consumo energético da transferência e dos agitadores do vinho volante, da transferência do vinho para a coluna de destilação, das bombas de acionamento do flegma, das bombas da vinhaça e das bombas do álcool fino, do agitador e do carregamento da vinhaça, do exaustor e das bombas d’água.

#### Índices energéticos

Os gastos energéticos com as operações mecanizadas foram calculados a partir do consumo de óleo diesel e de etanol, cujos coeficientes energéticos médios equivalem a 40,64MJ L<sup>-1</sup> e 23,37MJ L<sup>-1</sup>, respectivamente. (PIMENTEL, 2003). Para a mão-de-obra dessas operações, adotou-se o índice de 1,2MJ h<sup>-1</sup>, sendo a jornada de trabalho de oito horas (COMITRE, 1993). Para o material de propagação do milho, utilizou-se o índice de 33,2MJ kg<sup>-1</sup> (PIMENTEL et al., 1973; BEBER, 1989; BUENO, 2002) e 598,1MJ ha<sup>-1</sup>, ou seja, 18,0kg ha<sup>-1</sup> de semente de milho. O valor do MJ ha<sup>-1</sup> levou em consideração a quantidade de semente utilizada por unidade de área.

Os conteúdos energéticos do calcário, dos herbicidas e dos inseticidas correspondem a 0,2MJ kg<sup>-1</sup>; 302,0MJ kg<sup>-1</sup>; e 306,6MJ kg<sup>-1</sup>, respectivamente (BUENO, 2002). Na conversão das unidades físicas de nitrogênio total, fósforo e potássio, em equivalentes energéticos, utilizaram-se os índices de 73,3MJ kg<sup>-1</sup> para o N (CAMPOS, 2001); 13,9MJ kg<sup>-1</sup> para o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (MERCIER, 1978); e 9,2MJ kg<sup>-1</sup> para o K<sub>2</sub>O (SHAPOURI et al., 2002).

O dispêndio energético nas etapas industriais foi relativo ao consumo dos motores elétricos e do vapor fornecido pelas caldeiras. Procedeu-se à conversão do consumo dos motores elétricos de cavalo-vapor para HP, e um cavalo-vapor (cv) equivale a 1,014HP, e 1HP é igual a 2,684MJ. Na destilação, foram adotados 2kg de vapor para cada litro de etanol destilado. No tratamento do caldo, usou-se 1kg de vapor para cada tonelada de milho processado, em que 2kg de vapor equivalem a 2.344,6MJ. Os valores encontrados, proporcionais ao processamento de uma tonelada de milho e à obtenção de 330 litros de etanol, foram convertidos em megajoule.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O custo energético para a produção de um hectare de milho correspondeu a 15.633,7MJ ha<sup>-1</sup>. Os itens mais representativos foram com os insumos (77,5%), a condução da lavoura (8,3%) e o preparo da área (4,9%), os quais, em conjunto, somaram 90,7% do consumo energético total, conforme demonstra a tabela 1. O gasto energético da etapa de “operações de cultivo do milho” representou 40% da energia total gasta para a produção do etanol de milho.

OLIVEIRA et al. (2007) observaram dados semelhantes no cultivo do milho safrinha, na região do Médio Paranapanema-SP, e ressaltaram que, na cultura analisada, as operações que apresentaram os maiores dispêndios energéticos foram as atividades de capina, semeadura/adubação e pulverizações, pois demandaram mais horas de serviço (operações de máquinas) e utilizaram grandes quantidades de recursos não renováveis.

SALLA (2008) ressalta que a adoção de técnicas alternativas de produção, como o plantio direto, o uso de combustíveis renováveis no sistema produtivo e industrial e a utilização de adubações orgânicas, podem minimizar o gasto energético empregado na produção de etanol.

Tabela 1 - Custo energético da produção de milho nas diferentes operações de cultivo (MJ ha<sup>-1</sup> e %), na região paulista do Médio Paranapanema, em 2007.

| Operações de cultivo do milho | (MJ ha <sup>-1</sup> ) | %     |
|-------------------------------|------------------------|-------|
| Preparo da área               | 762,9                  | 4,9   |
| Plantio                       | 423,6                  | 2,7   |
| Insumos                       | 12.109,2               | 77,5  |
| Condução da lavoura           | 1.293,1                | 8,3   |
| Colheita                      | 609,6                  | 3,8   |
| Transporte até a indústria    | 185,3                  | 1,2   |
| Depreciação energética        | 250,0                  | 1,6   |
| Total                         | 15.633,7               | 100,0 |

O consumo energético industrial para o processamento do milho correspondeu a 3.882,2MJ t<sup>-1</sup> e 23.294,3MJ ha<sup>-1</sup>. As operações de “hidrólise/sacarificação/tratamento do caldo” representaram 50,2%, e a “destilação” representou 43,0% do dispêndio energético total da fase industrial em decorrência do alto consumo de combustível fóssil demandado nessas etapas do processamento da matéria-prima (Tabela 2).

No processamento industrial, os amidos necessitam altas quantidades de energia para os processos de hidrólise; porém, CABELLO (2006) alerta que a cana-de-açúcar também demanda energia considerável no processo de extração, além de um período de safra de apenas seis meses. Já as unidades processadoras de amido operam nos 12 meses do ano e podem diversificar suas produções, intercalando outros materiais na lavoura e permitindo, dessa forma, a geração de diversos produtos, como farinhas, amidos modificados e etanol.

A produção de grãos de milho apresentou um custo energético de 7,9MJ L<sup>-1</sup> nas principais operações agrônomicas e 11,8MJ L<sup>-1</sup> nas etapas de processamento industrial (Tabela 3A e B). Esses valores, somados a alguns parâmetros básicos para a produção de etanol a partir do milho, como açúcares fermentescíveis totais: 62%; produtividade em açúcares: 5,0t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; conversão de etanol (f.0.46): 0,59m<sup>3</sup>t<sup>-1</sup> açúcar<sup>-1</sup>; e produtividade de etanol: 3,0m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, mostraram que, como matéria-prima amilácea, o milho apresenta características inferiores a outras fontes energéticas (CABELLO, 2006).

Os custos energéticos totais considerando-se o consumo nas etapas de produção e de processamento somaram 19,7MJ L<sup>-1</sup>. Sabendo-se que a energia de um litro de etanol corresponde a 23,6MJ, tem-se que o balanço energético do milho equivale a 1,2. Destaca-se que, neste trabalho, o balanço energético foi estimado pela razão entre a energia contida no biocombustível (23,6MJ) e o total de energia contida nas entradas no sistema produtivo e industrial (19,7MJ).

Tabela 2 - Custo energético do etanol de milho referente às diferentes etapas industriais (MJ t<sup>-1</sup>, MJ ha<sup>-1</sup> e %) na região paulista do Médio Paranapanema, em 2007.

| Etapas industriais do milho                 | (MJ t <sup>-1</sup> ) | (MJ ha <sup>-1</sup> ) | %     |
|---|-----------------------|------------------------|-------|
| Desintegração/moagem                        | 244,8                 | 1.468,9                | 6,2   |
| Hidrólise/sacarificação/tratamento do caldo | 1.950,3               | 11.702,1               | 50,2  |
| Fermentação                                 | 17,9                  | 107,8                  | 0,5   |
| Destilação                                  | 1.668,5               | 10.011,3               | 43,0  |
| Manutenção                                  | 0,7                   | 4,2                    | 0,1   |
| Consumo industrial total                    | 3.882,2               | 23.294,3               | 100,0 |

Tabela 3 - Custo energético para produzir um litro de etanol nas principais operações de cultivo (A) e industriais (B) do milho (MJ L<sup>-1</sup>), na região paulista do Médio Paranapanema, em 2007.

| A. Operações de produção do milho           | (MJ L <sup>-1</sup> ) |
|---|-----------------------|
| Preparo de área                             | 0,4                   |
| Plantio                                     | 0,2                   |
| Insumos                                     | 6,1                   |
| Condução da lavoura                         | 0,7                   |
| Colheita                                    | 0,3                   |
| Transporte até a indústria                  | 0,1                   |
| Depreciação energética                      | 0,1                   |
| Total                                       | 7,9                   |
| B. Operações de processamento do milho      |                       |
| Desintegração/moagem                        | 0,7                   |
| Hidrólise/sacarificação/tratamento do caldo | 5,9                   |
| Fermentação                                 | 0,1                   |
| Destilação                                  | 5,1                   |
| Manutenção                                  | 0,0                   |
| Total                                       | 11,8                  |

HILL et al. (2006) apresentaram resultados semelhantes aos encontrados neste estudo (balanço energético 1,25). Esses autores relataram, ainda, que os biocombustíveis produzidos a partir do milho são viáveis sob o ponto de vista econômico, energético e ambiental, justificando a produção de biocombustível proveniente dessa matéria-prima. Porém, SOUZA & ANDREOLI (2007) verificaram que o balanço de energia para converter o milho em etanol é negativo (-1,29), mostrando haver necessidade de outros estudos para validação dos parâmetros utilizados, bem como a comparação com outras matérias-primas para produção de etanol como forma de contribuição e aumento da massa crítica pertinente ao assunto, visto que são poucos os trabalhos que tratam do assunto de forma quantitativa. Ressalta-se que cada autor citado utilizou metodologia diversa para o cálculo do balanço energético. Sendo assim, os dados comparativos precisam ser avaliados, sendo levados em consideração os critérios de coleta de informações, itens pesquisados e métodos usados para obtenção dos resultados.

## CONCLUSÃO

O item mais oneroso do custo energético total da produção agrícola do milho foi o de “insumos”. O dispêndio energético total das operações de “hidrólise/sacarificação/tratamento do caldo” foram os mais representativos nas etapas industriais. O balanço energético observado no cultivo e na industrialização do milho foi positivo.

O desempenho apresentado pela matéria-prima analisada melhora a visibilidade de sua potencialidade. Porém, pesquisas complementares voltadas para análise do impacto ambiental e dos aspectos econômicos da produção desse biocombustível são primordiais para a recomendação sustentável da geração de energia a partir de biomassas.

## REFERÊNCIAS

- BEBER, J.A.C. **Eficiência energética e processos de produção em pequenas propriedades rurais. Agudo, RS.** 1989. 295f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Curso de Pós-graduação em Extensão Rural, Universidade Federal de Santa Maria, RS.
- BUENO, O.C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá/SP.** 2002. 147f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista de Botucatu, SP. Disponível em: <[http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064021P7/2002/bueno\\_oc\\_dr\\_botfca.pdf](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064021P7/2002/bueno_oc_dr_botfca.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2009.
- CABELLO, C. Produtos derivados de fécula de mandioca - etanol. In: WORKSHOP SOBRE TECNOLOGIAS EM AGROINDÚSTRIAS DE TUBEROSAS TROPICAIS, 4., 2006, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2006. p.02-06.
- CAMPOS A.T. **Balço 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 de Botucatu, SP. Disponível em: <[http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064021P7/2001/campos\\_at\\_dr\\_botfca.pdf](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064021P7/2001/campos_at_dr_botfca.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2008.
- COMITRE, V. **Avaliação energética e aspectos econômicos da filière soja na região de Ribeirão Preto.** 1993. 152f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Agropecuário) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, SP. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000081652>>. Acesso em: 06 dez. 2009.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. **Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2005/06.** Sete Lagoas, MG: EMBRAPA/CNPMS, 2005. 24p. (Circular Técnica, 62). Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2005/circular/Circ\\_62.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2005/circular/Circ_62.pdf)>. Acesso em: 18 dez. 2009.
- GONÇALVES JUNIOR, C.A. et al. Um estudo das deliberações da Câmara Setorial do Açúcar e do Álcool, usando análise de correspondência. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v.47, n.1, p.183-210, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/resr/v47n1/v47n1a07.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2009. doi: 10.1590/S0103-20032009000100007.
- HILL, J. et al. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v.103, n.30, p.11206-11210, 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16837571>>. Acesso em: 01 out. 2009.
- MERCIER, J.R. **Energie et agriculture, le choix ecologique.** Paris: Debard, 1978. 187p.
- HERNANDEZ, D.I.M. **Efeitos da produção de etanol e biodiesel na produção agropecuária do Brasil.** 2008. 163f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Curso de Pós-graduação em Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Brasília, DF. Disponível em: <[http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/1085/1/dissertacao2008Dora\\_IsabelMHernandez.pdf](http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/1085/1/dissertacao2008Dora_IsabelMHernandez.pdf)>. Acesso em: 21 dez. 2009.
- OLIVEIRA, M.M. et al. Análise da eficiência energética e econômica dos sistemas de produção de milho safrinha no Médio Paranapanema, Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito, MS. **Anais...** Bonito, MS, 2007. 1 CD.
- PAULILLO, L.F. et al. Análise da competitividade das cadeias de agroenergia no Brasil. In: BUAINAIN, A.M.; BATALHA, M.O. (Coord.). **Análise da competitividade das cadeias agroindustriais brasileiras.** São Carlos, SP: DEP-UFSCAR/IE-UNICAMP, 2006. 119p.
- PIMENTEL, D. **Handboock of energy utilization in agriculture.** Boca Raton, Florida: CRC, 1980. 496p.
- PIMENTEL, D. Ethanol fuels: energy balance, economics, and environmental impacts are negative. **Natural Resources Research**, California, v.12, n.2, p.127-134, 2003. Disponível em: <<http://www.ethanol-gec.org/netenergy/neypimentel.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2009.
- PIMENTEL, D. et al. Food production and the energy crises. **Science**, New York, v.182, p.9-443, 1973.
- SALLA, D.A. **Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho.** 2008. 168f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista de Botucatu, SP. Disponível em: <[http://www.fca.unesp.br/pos\\_graduacao/teses/PDFs/Arq0279.pdf](http://www.fca.unesp.br/pos_graduacao/teses/PDFs/Arq0279.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2009.
- SHAPOURI, H. et al. **The energy balance of corn ethanol: an update.** Washington, DC: US Department of Agriculture/ Office of Energy Policy and New Uses, 2002. 19p. Disponível em: <<http://www.usda.gov/oce/reports/energy/aer-814.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2009.
- SOUZA, C.; ANDREOLI. Cana-de-açúcar: a melhor alternativa para conversão da energia solar e fóssil em etanol. **Economia e Energia**, Belo Horizonte, n.59, 4p, 2007. Disponível em: <[http://ecen.com/eee59/eee59p/cana\\_melhor\\_conversorl.htm](http://ecen.com/eee59/eee59p/cana_melhor_conversorl.htm)>. Acesso em: 08 dez. 2009.

SOLOGUREN, L. **Brasil: o novo desafio para consolidar as exportações do milho.** São Paulo: Conselho de Informações sobre Biotecnologia, 2007. 2p. Disponível em: < <http://www.nippo.com.br/campo/artigos/artigo430.php> >. Acesso em: 01 nov. 2009.

TONIN, J.M.; PERON, L.L. **Conjuntura agropecuária.** Maringá: UEM, 2009. 13p. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/download/conjuntura.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2009.

URQUIAGA, A. et al. Produção de biocombustíveis: a questão do balanço energético. **Política Agrícola**, Brasília, v.14, n.1, p.42-46, 2005. Disponível em: <[http://www.agronegociose.com.br/agr/down/artigos/Pol\\_Agr\\_1\\_2005\\_Art06.pdf](http://www.agronegociose.com.br/agr/down/artigos/Pol_Agr_1_2005_Art06.pdf)>. Acesso em: 09 set. 2009.

VILELA, D.; ARAÚJO, P.M.M. **Contribuições das câmaras setoriais e temáticas à formulação de políticas públicas e privadas para o agronegócio.** Brasília, DF: MAPA/SE/CGAC, 2006. 496p.