

Balço energético do sistema de produção de soja e milho em uma propriedade agrícola do Oeste do Paraná

Dirceu de Melo¹, Joaquim Odilon Pereira^{2*}, Eduardo Godoy de Souza², Antonio Gabriel Filho², Lucia Helena Pereira Nóbrega² e Raimundo Pinheiro Neto³

¹Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade do Oeste Paranaense, Cascavel, Paraná, Brasil. ²Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Oeste Paranaense, Rua Universitária, 2069, 85819-110, Cascavel, Paraná, Brasil. ³Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: jodilon@ufersa.edu.br

RESUMO. O balanço energético permite identificar as possíveis entradas e saídas de energia no processo de produção, resultando no saldo energético final do processo produtivo. A determinação das melhores estratégias para optar pelo sistema de produção agrícola depende da análise das condições ambientais específicas para a cultura e da eficiência energética, proporcionando melhores resultados quando a administração das entradas de energia for realizada com critérios e na quantidade recomendada para cada cultura. O objetivo deste trabalho foi efetuar o balanço energético na produção de soja e milho, em dois anos de cultivos consecutivos, em uma propriedade agrícola com o sistema de plantio direto na Região Oeste do Paraná. As entradas e saídas de energia das operações agrícolas foram calculadas pelo poder calorífico do material envolvido em cada etapa de produção. A eficiência energética foi obtida pelo índice entre a quantidade de energia total de saída e o consumo total de energia durante o processo produtivo. Os resultados indicaram que os gastos com colheita e transporte e o uso intensivo de nitrogênio no milho, nos dois anos de produção, contribuíram para o aumento do consumo de energia, diminuindo a eficiência energética.

Palavras chave: eficiência energética, consumo de energia.

ABSTRACT. *Energetic balance of soybean and corn production systems in a farm of the west of Paraná, Brazil.* The energetic balance permits to identify all the possible energy inputs and output in the production system, resulting in the final energetic balance of the productive process. The determination of better strategies to opt for the agricultural production system depends on the analysis of the energy efficiency and on the specific environmental conditions for the culture. This will provide better results when the energy inputs are performed according to the recommended criteria and quantity for each culture. The aim of this work was to perform the energetic balance in the corn and soybean productions, in two years of consecutive management, on no-tillage system, in a farm of the west of Paraná. The energy inputs and outputs were determined through the calorific power of the material involved in each production system. The energetic efficiency was obtained performing the ratio between the total amounts of energy outputs and inputs during the productive process. Results indicated that the expenses with harvest and transport and the intensive use of nitrogen in the corn, in the two years of production, contributed for the increase of energy consumption, and a decrease of the energetic efficiency.

Key words: energetic efficiency, consumption of energy.

Introdução

A pesquisa científica e a conseqüente evolução tecnológica modificaram o conceito básico de identificação de resultados, admitindo, além do balanço contábil nacional, o chamado balanço energético. Esse balanço é apresentado de maneira a identificar todas as possíveis entradas e saídas de energia em um processo de produção, possibilitando identificar se o setor específico apresentou saldo

energético favorável ou desfavorável.

O elevado consumo energético de origem fóssil, também na agricultura (Beber, 1989), tem incentivado estudos que utilizaram metodologias capazes de contabilizar as energias produzidas e as consumidas em determinado sistema de produção, possibilitando o cálculo da eficiência energética de produtos agrícolas, isto é, o índice que expressa para cada unidade de energia investida no processo produtivo quantas

unidades de energia são produzidas.

A energia de combustível de derivados fósseis consumida no sistema de produção agrícola, típica de países industrializados, pode ser reduzida pela mudança de sistemas de cultivos e substituição dos sistemas que necessitam menos energia de combustível de derivados fósseis. Segundo Pimentel *et al.* (1984), muitos desses sistemas alternativos viáveis estão mais harmonizados com o ecossistema natural e propiciam menor manipulação do meio ambiente. Essas alternativas visam a reduzir o uso de combustíveis fósseis básicos como fertilizantes, pesticidas e máquinas agrícolas e a melhorar o manejo do solo e os recursos de água. A determinação de melhores estratégias para opção pelo sistema de produção agrícola depende de uma análise, não apenas das condições ambientais específicas para a cultura, dos dados de entrada de energia, como também dos dados econômicos de custo/benefício. Em outras palavras, quando melhor compreendido for o sistema de produção, melhores serão as estratégias de administração e cultivo.

O milho produz, relativamente, grande quantidade de energia por unidade de área cultivada e pode ser cultivado sob grande variação de condições ambientais, incluindo tipo de solo, teor de água do solo e temperatura ambiente. Comparado com outras culturas é, relativamente, mais resistente ao ataque de pragas e doenças (Pimentel, 1980). A quantidade de energia necessária para a produção de milho varia com o sistema de cultivo e o nível de tecnologia aplicada.

A produção de milho obtida, na região Oeste do Paraná, na safra e safrinha de 97/98 foi de 1.537.000 toneladas, em uma área cultivada de 402.000 ha (IBGE, 1998). Esses valores representaram 18% da área cultivada com milho no Estado do Paraná e 4% da área cultivada no Brasil. A produção obtida representou 19,40% do total produzido no Paraná e 5,10% do total produzido no Brasil. Ainda conforme a mesma fonte, a produtividade média na região Oeste do Paraná ficou em 3.823 kg ha⁻¹, bem acima da média do Estado, que é de 3.559 kg ha⁻¹ e da média nacional (2.739 kg ha⁻¹).

Bertol e Fischer (1997), em estudo realizado no Paraná com a cultura de soja, objetivando avaliar sistemas de cultivo do solo, verificaram que o sistema de plantio direto obteve menor custo face à menor demanda de máquinas agrícolas e mão-de-obra, resultando em menor custo de energia.

Palma e Adams (1984) analisaram comparativamente a aplicação e o resultado da energia necessária à produção de diversos produtos

em empresa rural. Aplicando projeções em atividades agropecuárias, os autores calcularam a renda líquida e a eficiência energética, isto é, o resultado energético entre a aplicação e produção de energia. Os resultados obtidos demonstraram que as técnicas convencionais de produção agrícola possuem eficiência energética baixa.

Beber (1989), citado por Carvalho e Lucas Junior (2001), verificou que a produção tradicional do pequeno produtor, com base na diversificação e integração, mostrava prudência ecológica no aproveitamento dos recursos disponíveis na propriedade.

Separando a aplicação de energia direta e indireta em culturas de trigo e soja no Estado do Paraná, nos anos de 1980 e 1984, sendo nesse último consideradas as técnicas de plantio direto e convencional, Macedônio e Picchioni (1985) mostraram, a respeito da formação dos custos e produção de energia para a soja, uma aplicação energética de 10.645,18 MJ ha⁻¹ e para o trigo de 8.492,45 MJ ha⁻¹.

Pimentel (1980) afirma que a soja é a mais importante fonte de proteína suplementar para os animais, além de ser fonte de proteína comestível para o homem. Para o mesmo autor, com exceção dos fertilizantes, a energia fornecida para a produção de soja é comparável à energia consumida para a produção de milho, uma vez que ela responde pelas mesmas práticas culturais, sendo, na maioria das vezes, as máquinas usadas na produção de soja as mesmas usadas para a produção de milho ou algodão. O fertilizante utilizado para a produção é similar ao empregado na produção de milho, com exceção do nitrogênio. A grande vantagem na produção de soja comparada com outras culturas não leguminosas é que pouco ou nenhum nitrogênio é utilizado nessa cultura, reduzindo a quantidade de energia utilizada para produção.

O aumento da criação de animais, principalmente, aves e suínos, na região Oeste do Paraná, tem como consequência o desenvolvimento gradativo do parque agro-industrial, agregando valor aos produtos primários como soja e milho, transformando-os em carne. O crescimento da cadeia produtiva no sistema agro-industrial aumenta a necessidade de mais matéria-prima para o abastecimento dessas indústrias, por isso inovações tecnológicas são introduzidas no sistema produtivo, buscando melhorar a produtividade. No entanto, pesquisas são necessárias para determinar informações quantitativas para otimização dos sistemas de produção agrícola.

Este trabalho teve o objetivo de efetuar o balanço energético do sistema de produção de soja e milho, durante dois anos de cultivos consecutivos em uma

propriedade agrícola trabalhada há oito anos com o plantio direto, na Região Oeste do Paraná.

Material e métodos

A pesquisa foi conduzida em uma propriedade agrícola localizada no Município de Medianeira, região Oeste do Paraná, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 25°33'S e Longitude 54°00'W, com altitude de 430 m, em solo classificado como Latossolo Roxo (Embrapa, 1999). O clima da região é temperado mesotérmico e super-úmido, segundo classificação climática de Köppen, com precipitação anual média de 1855 mm e temperatura média anual de 23°C. Os dados foram obtidos nos anos agrícolas de 2001-2002 e 2002-2003. A área do experimento vinha sendo cultivada há oito anos em sistema de plantio direto com soja e milho.

A área foi semeada com um trator Valmet, modelo 68 de 45 kW (62 cv), uma semeadora Semeato, com seis linhas de 0,45 m para soja e quatro linhas de 0,75 m para milho e um pulverizador Jacto modelo Am12 de engate de três pontos. A colheita e o transporte do produto foram realizados de forma terceirizada, pagando-se o trabalho da colhedora e do caminhão para o transporte dos grãos do campo até o armazém em porcentagem do produto colhido, sendo 7% referente ao custo de serviço da colhedora e 2% referente ao pagamento do transporte do produto.

Os dados de entrada de energia com insumos nos sistemas de cultivo para cada cultura foram coletados em todo o processo de produção, considerando-se os gastos desde a semeadura até a colheita, sendo esses com insumos para as culturas, sementes, adubos, agrotóxicos, bem como o levantamento do consumo de combustível, óleo lubrificante, graxa e manutenção dos equipamentos envolvidos no processo.

Cálculo do balanço energético do sistema de produção agrícola

Na avaliação de balanço energético, por meio de entradas e saídas de energia do sistema de produção agrícola, foram consideradas as energias diretas e indiretas para cada componente do processo de produção obtidas a partir do poder calórico da matéria-prima envolvida no processo. Para o cálculo da energia necessária para fabricação dos fertilizantes e defensivos, máquinas e implementos agrícolas, valor energético do óleo diesel e lubrificante e a energia contida nas sementes de soja e milho, foi adotada a metodologia de Pimentel (1980). Tais valores fornecem a energia necessária, em MJ para produção de cada unidade de insumo empregado na produção.

Eficiência energética (E)

A Eficiência Energética foi definida pela equação como:

$$E = \frac{\sum E_{produzida}}{\sum E_{consumida}} \quad (1)$$

em que:

E = Eficiência Energética;

$\sum E_{produzida}$ = Total de saída de energia (MJ);

$\sum E_{consumida}$ = Energia direta + energia indireta (MJ).

Depreciação energética de máquinas e equipamentos agrícolas (D_E)

A depreciação energética foi calculada conforme a vida útil da máquina ou implemento agrícola e dos dias de emprego efetivo. Foi determinada com base na metodologia de Beber (1989), como segue:

$$D_E = ((M - 10\%M)/(V_u \times t_u)) \quad (2)$$

em que:

M = massa da máquina ou implemento agrícola, em kg;

V_u = vida útil da máquina ou implemento agrícola, em horas;

t_u = tempo de utilização, em horas.

O cálculo da energia indireta (E_i) das máquinas e implementos agrícolas foi obtido pela equação seguinte:

$$E_i = 92,18 \text{ (MJ kg}^{-1}\text{)} \times D_E \text{ (kg)} \quad (3)$$

A estrutura operacional do sistema de cultivo de cada tipo de cultura foi a seguinte:

a) Semeadura de soja - 14 ha

Operações:

Semeadura e adubação; aplicação de herbicida, inseticida e fungicida; colheita e transporte.

b) Semeadura de milho - 14 ha

Operações:

Semeadura e adubação; aplicação de uréia; aplicação de herbicida, inseticida; colheita e transporte.

O rendimento das culturas foi obtido considerando a produção total, dividindo-se pela área trabalhada para cada cultura, com o rendimento expresso em kg ha⁻¹.

Resultados e discussão

Os resultados dos componentes energéticos de entrada e saída de energia e a eficiência na produção de soja e milho safra 2001-2002 e 2002-2003 são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

A Tabela 1 aponta que o consumo de energia direta teve maior participação no sistema de produção de soja, 6,38%, enquanto no sistema de produção de milho o consumo de energia direta foi de 4,46%. O óleo diesel foi o elemento que mais influenciou, com um consumo de 723,96 MJ ha⁻¹ (6,10%) para o cultivo da soja, contra 475,43 MJ ha⁻¹

(4,22%) para o cultivo do milho. Todavia, verifica-se uma inversão na participação de gastos com energia indireta, tendo o sistema de produção de milho consumido 50,50% (5.691,25 MJ ha⁻¹), enquanto no sistema de produção de soja houve um gasto de energia indireta de 42,98% (5.098,47 MJ ha⁻¹) do total de energia gasta.

Tabela 1. Entradas e saídas de energia em um sistema de produção de soja e milho, período 2001 - 2002 em uma propriedade rural da região Oeste do Paraná, por hectare.

Produto	Soja					Milho				
	Unid.	Quant.	V/un. em MJ	Total MJ	(%)	Quant.	V/un. em MJ	Total MJ	(%)	
Energia direta										
Óleo	L	18,76	38,59	723,96	6,10	12,32	38,59	475,43	4,22	
Lubrificante	L	0,48	38,57	18,51	0,16	0,38	38,57	14,66	0,13	
Graxa	kg	0,34	43,24	14,70	0,12	0,30	43,24	12,97	0,12	
Sub total				757,17	6,38			503,06	4,46	
Energia indireta										
Sementes	kg	62,07	16,85	1.046,06	8,82	18,03	14,58	262,90	2,33	
Nitrogênio	kg	5,86	50,28	294,64	2,48	59,47	50,28	2.990,15	26,53	
P (P ₂ O ₅)	kg	87,93	12,57	1.105,28	9,32	44,93	12,57	564,77	5,01	
K (K ₂ O)	kg	46,90	6,70	314,42	2,65	27,65	6,70	185,37	1,64	
Herbicida	kg	3,83	418,62	1.603,33	13,52	3,38	418,62	1.414,95	12,55	
Inseticida	kg	1,79	364,15	651,83	5,50	0,75	364,15	273,11	2,42	
Fungicida	kg	0,90	92,18	82,96	0,70					
Sub total				5.098,47	42,98			5.691,25	50,50	
Máq. e equip. agrícolas										
Trator Valmet 68	h	4,69	21,68	101,67	0,86	2,83	21,68	61,35	0,54	
Semeadora	h	0,89	18,33	16,31	0,14	0,83	14,66	12,17	0,11	
Pulverizador	h	2,76	5,73	15,81	0,13	1,00	5,73	5,73	0,05	
Espalhador Uréia	h					0,50	2,29	1,15	0,01	
Serviço colheita	kg	250,14	16,85	4.215,40	35,54	256,95	14,58	3.746,64	33,24	
Transporte	kg	96,21	16,85	1.621,35	13,67	85,65	14,58	1.248,88	11,08	
Sub total				5.970,55	50,33			5.075,92	45,04	
Mão-de-obra	h	16,55	2,16	35,71	0,30	12,02	2,16	25,94	0,23	
Total de ent. de Energia				11.861,90	100			11.270,23	100	
Total de saída de Energia		3.849	16,85	64.851,74		3.429	14,58	49.998,93		
Eficiência energética				5,47				4,44		

Tabela 2. Entradas e saídas de energia em um sistema de produção de soja e milho, período 2002 - 2003 em uma propriedade rural da região Oeste do Paraná, por hectare.

Produto	Soja					Milho				
	Unid.	Quant.	V/un. em MJ	Total MJ	(%)	Quant.	V/un. em MJ	Total MJ	(%)	
Energia direta										
Óleo	L	18,76	38,59	723,95	5,79	11,86	38,59	457,68	3,32	
Lubrificante	L	0,48	38,57	18,51	0,15	0,34	38,57	13,11	0,10	
Graxa	kg	0,34	43,24	14,70	0,12	0,28	43,24	12,11	0,09	
Sub total				757,16	6,06			482,90	3,51	
Energia indireta										
Sementes	kg	56,9	16,85	958,89	7,67	20,69	14,58	301,69	2,19	
Nitrogênio	kg	5,17	50,28	259,95	2,08	64,21	50,28	3.228,48	23,44	
P (P ₂ O ₅)	kg	77,59	12,57	975,31	7,80	61,79	12,57	776,70	5,64	
K (K ₂ O)	kg	41,38	6,70	277,41	2,22	35,31	6,70	236,72	1,72	
Herbicida	kg	5,70	418,62	2.386,15	19,09	4,14	418,62	1.733,10	12,58	
Inseticida	kg	1,66	364,15	604,49	4,84	0,55	364,15	200,28	1,45	
Fungicida	kg	0,28	92,18	25,81	0,21	0,34	92,18	31,34	0,23	
Sub total				5.488,01	43,90			6.508,31	47,26	
Máq. e equip. agrícolas										
Trator Valmet 68	h	4,69	21,68	101,67	0,81	2,96	21,68	64,17	0,47	
Semeadora	h	0,89	18,33	16,31	0,13	0,83	14,66	12,17	0,09	
Pulverizador	h	2,76	5,73	15,81	0,13	1,04	5,73	5,96	0,04	
Espalhador Uréia	h					0,50	2,29	1,15	0,01	
Serviço colheita	kg	260,90	16,85	4.396,73	35,17	344,48	14,58	5.022,93	36,47	
Transporte	kg	100,34	16,85	1.690,95	13,53	114,83	14,58	1.674,36	12,16	
Sub total				6.221,48	49,76			6.780,74	49,24	
Mão de obra	h	16,55	2,16	35,71	0,29	11,86	2,16	25,59	0,19	
Total de ent. de Energia				12.502,36	100			13.771,95	100	
Total de saída de Energia		4.013,79	16,85	67.641,11		4.593	14,58	66.971,45		
Eficiência energética				5,41				4,86		

No primeiro caso, os resultados podem ser explicados pelo maior tempo de trabalho gasto nas operações agrícolas no cultivo da soja (4,69 h ha⁻¹) utilizando-se máquinas mais pesadas, enquanto na produção de milho foram gastos apenas 2,83 h ha⁻¹. O fator que teve maior reflexo sobre o consumo de energia indireta, no cultivo de milho, foi o nitrogênio, que para a soja apresentou um gasto de 294,64 MJ ha⁻¹ (2,48%), sendo o consumo desse insumo mais de dez vezes superior na produção de milho 2.990,15 MJ ha⁻¹ (26,53%).

As máquinas e implementos agrícolas tiveram maior participação do total de energia consumida na produção de soja (50,33%) com relação ao valor consumido para a produção de milho no campo (45,04%). Desse percentual, maior parte tem reflexo nos gastos com energia para colheita e transporte, sendo 49,21 e 44,32% consumidas, respectivamente, com a produção de soja e milho.

Quanto à mão-de-obra, embora tenha contribuído com pequena parcela de energia consumida, o cultivo de soja necessitou de mais trabalho braçal do que o milho, respectivamente 35,71 MJ ha⁻¹ (0,30%) e 25,94 MJ ha⁻¹ (0,23%).

A energia total consumida na produção de soja foi de 11.861,90 MJ ha⁻¹, enquanto que para a produção do milho foram consumidas 11.270,23 MJ ha⁻¹, obtendo-se o equivalente energético de 64.851,74 MJ ha⁻¹ na produção final de soja e de 49.998,93 MJ ha⁻¹ na produção de milho. O coeficiente de eficiência energética da produção de soja foi de 5,47 e 4,44 da produção de milho.

No segundo ano de produção, os indicadores mantiveram a mesma tendência (Tabela 2), apresentando eficiência energética de 5,41 para a soja e de 4,86 para o milho.

Verifica-se que houve pequeno acréscimo no consumo de energia indireta para produção de soja do primeiro para o segundo ano, de 5.098,47 para 5.488,01 MJ ha⁻¹. Embora se verifique redução de consumo energético com sementes e fertilizantes, o herbicida foi o fator de contribuição importante para o aumento de consumo de energia indireta, aumentando de 1.603,33 (13,52%) para 2.386,15 MJ ha⁻¹ (19,09%) do primeiro para o segundo ano de safra de soja.

Os gastos com colheita e transporte também foram as outras variáveis que apresentaram maior reflexo no aumento do consumo total de energia com máquinas e equipamentos agrícolas, de 5.970,55 MJ ha⁻¹ (50,33%) no primeiro ano para 6.221,48 MJ ha⁻¹ (49,76%) no segundo ano, evidenciando os altos valores de energia gasta com colheita e transporte, sendo valores semelhantes para os dois anos de

estudo. Verifica-se que embora tenha ocorrido a saída de maior quantidade de energia (67.641,11 MJ ha⁻¹) na produção de soja do segundo ano, o maior consumo (12.502,36 MJ ha⁻¹) contribuiu para diminuir a eficiência energética de 5,47 para 5,41.

Para a cultura do milho, constata-se aumento da eficiência energética de 4,42 no primeiro ano para 4,86 no segundo ano de cultivo. Os índices indicaram que no segundo ano a saída de energia foi superior ao do primeiro ano, sendo 66.971,45 contra 49.998,93 MJ ha⁻¹. Contudo, as entradas de energia do primeiro para o segundo ano aumentaram respectivamente, de 11.270,23 para 13.771,95 MJ ha⁻¹, mesmo assim o resultado final foi melhor no segundo ano. Essa melhoria foi obtida devido à melhor produtividade no segundo ano, sendo 3.429 kg ha⁻¹ para a safra 2001-2002 e 4.593 kg ha⁻¹ para a safra 2002-2003.

Considerando-se a energia total consumida nos dois anos de soja e milho, pode-se observar um aumento no consumo total de energia do primeiro para o segundo ano. Na cultura da soja, foram gastos 11.861,90 e 12.502,36 MJ ha⁻¹ para o primeiro e segundo ano respectivamente. No milho, pode-se observar um aumento mais expressivo que na soja, de 11.270,23 MJ ha⁻¹ no primeiro para 13.771,95 MJ ha⁻¹ no segundo ano.

Conclusão

Os resultados obtidos permitem concluir que os gastos com colheita, transporte e nitrogênio no milho foram os maiores consumidores de energia no processo de produção.

Os consumos totais de energia da soja e do milho aumentaram do primeiro para o segundo ano.

Houve um aumento da eficiência energética no sistema de produção de milho no segundo em relação ao primeiro ano de cultivo. Na cultura da soja, a eficiência energética diminuiu do primeiro para o segundo ano.

Referências

- BEBER, J.A.C. *Eficiência energética e processos de produção em pequenas propriedades rurais*. 1989. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1989.
- BERTOL, L.O.J.; FISCHER, I.I. Semeadura direta versus sistema de preparo reduzido: efeito na cobertura do solo e no rendimento da cultura da soja. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 17, n. 2, p. 86-96, 1997.
- CARVALHO, S.M.R.; LUCAS JUNIOR, J. Balanço energético de potencial de produção de biogás em granja de postura comercial na região de Marília, SP. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 41-61, 2001

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999.

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

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário*. 1997-1998. Curitiba, 1998. (Número, 20).

PALMA, L.; ADAMS, R.I. Compatibilidade entre eficiência econômica e eficiência energética numa empresa

rural. In: NETO, A.G.; CRUZ, E.R. (Ed.). *Experiência brasileira de pesquisa econômica em energia para o setor rural*. Brasília: Embrapa/PNPE/DEP, 1984. p. 55-64.

PIMENTEL, D. *Handbook of energy utilization in agriculture*, Library of Congress. Washington, D.C.: CRC Press, 1980.

PIMENTEL, D.; HALL, C.W. Food and energy resources, In: *Food science and technology*. A series of Monographs. Orlando: Academic Press, 1984.

Received on May 04, 2005.

Accepted on September 05, 2006.