

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DO AGROECOSSISTEMA ALGODÃO: UMA ABORDAGEM ENTRE SISTEMAS FAMILIARES DE PRODUÇÃO DO PARAGUAI E BRASIL¹

MARIA GLORIA CABRERA ROMERO², OSMAR DE CARVALHO BUENO³ & MAURA SEIKO SUTSUI ESPERANCINI⁴

RESUMO: O presente trabalho objetivou avaliar os índices de eficiência energética e econômica por unidade de área do agroecossistema algodão em sistemas de produção familiares do Paraguai e Brasil e estabelecer a relação entre as abordagens energéticas e econômicas. Considerou-se tipologias apresentadas pelo Programa de Apoio ao Desenvolvimento de Pequenas Explorações Algodoeiras (Paraguai) e o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Brasil). Foram identificados sistemas familiares do Paraguai (*San Juan-CA*) e do Brasil (Leme-SP). Tanto na construção da estrutura de dispêndios energéticos como na avaliação da eficiência econômica do agroecossistema algodão, considerou-se os valores médios obtidos, em função dos agricultores apresentarem semelhança em termos de sistemas produtivos e estarem dentro da tipificação proposta neste trabalho. A partir dos itinerários técnicos observados verificou-se que o agroecossistema paraguaio dependeu fundamentalmente de fonte fóssil, (óleo diesel 56,76%) e de fonte industrial (35,99%). Igualmente, estabeleceu-se o balanço energético da fase agrícola, cujo valor atingiu 17.740,69 MJ . ha⁻¹, uma eficiência energética de 5,28 e produziu uma eficiência cultural de 3,04. O agroecossistema brasileiro dependeu de energia de fonte industrial (inseticidas 39,82%) e de fontes fósseis (33,59%). Atingiu também um balanço energético de 19.547,88 MJ . ha⁻¹, uma eficiência energética de 2,12 e um índice de eficiência cultural de 0,71. Na relação do indicador econômico e energético, que diz respeito aos meses que referem-se à época de colheita, ou seja, março, abril e maio. O indicador de máxima eficiência econômica do Paraguai foi atingido no mês de maio (1,00) e do Brasil no mês de abril (1,71). Ambos os sistemas de produção analisados apresentaram-se eficientes, porém, dependentes de conjunturas externas e fontes energéticas não-renováveis.

Palavras-chave: Eficiência energética, eficiência econômica, algodão, agricultura familiar.

¹ Extraído da tese do primeiro autor intitulada: Avaliação energética e econômica do agroecossistema algodão: uma abordagem entre sistemas familiares de produção do Paraguai e Brasil

² Aluna de Pós-graduação em Agronomia – Energia na Agricultura, FCA/UNESP, Botucatu/SP – Brasil; e-mail: gloriac@fca.unesp.br; ayacabrera@hotmail.com

³ Orientador e docente do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA/UNESP, Botucatu/SP – Brasil; e-mail: osmar@fca.unesp.br

⁴ Co-orientadora e docente do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA/UNESP, Botucatu/SP – Brasil; e-mail: maura@fca.unesp.br

ENERGY AND ECONOMIC EVALUATION OF THE COTTON AGRO-ECOSYSTEM: A BOARDING BETWEEN FAMILY SYSTEMS OF PARAGUAY AND BRAZIL PRODUCTIONS

SUMMARY: *The objective of this work was to evaluate the energy and economic efficiency indexes per unit of cotton agro-ecosystem area in family production systems of Paraguay and Brazil; and, to establish a relationship between the energy and economic. Typologies presented by the Program to Support Small Cotton Holdings (Paraguay), and by the National Program for Strengthening Family Agriculture (Brazil). Family systems of the two countries were identified; these are located from Paraguay (San Juan–CA) and from Brazil (Leme–SP). To construct the energy expenditure structure of the cotton agro-ecosystem, as well as to assess the economic efficiency, the mean values obtained were considered, when they presented similarities in production systems and they were within the typology proposed in this study. From the technical itinerary observed the Paraguayan agro-ecosystem depended (fossil fuel 56.76%) and industrial source (35.99%). Thus, the energy balance of the agricultural stage was established, which attained a value of 17,740.69 MJ ha⁻¹; an energy efficiency of 5.28, and a cultural efficiency of 3.04. The Brazilian agro-ecosystem depended on energy from industrial source (insecticides 39.82%) and from fossil fuel (33.59%); it reached an energy balance of 19,547.88 MJ ha⁻¹; an energy efficiency of 2.12, and a cultural efficiency index of 0.71. In the economic and energy indicator ratio, with regard to the months referring to the harvest time, that is to say, March, April, and May, the maximum economic efficiency indicator of Paraguay was attained in the month of May (1,00), and from Brazil in the month of May (1,71). Both production systems analyzed were presented efficient, however, dependent of external circumstances and non-renewable energy sources.*

Keywords: *Energy efficiency, economic efficiency, cotton, family agriculture.*

1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 50, o desenvolvimento da agricultura no mundo vem atravessando significativas mudanças, principalmente, pela evolução das técnicas de produção, passando de uma agricultura de produção tradicional, para uma agricultura moderna, mecanizada e com intensiva utilização de insumos, particularmente de recursos energéticos não-renováveis.

Evidenciam-se assim, complexas dificuldades deste modo de produção que ameaçam a qualidade de vida da sociedade e gera discussões acerca da sua sustentabilidade do ponto de vista ambiental, social e

econômico. Na agricultura moderna, a energia é fundamental e o grande desafio é a escolha de novas opções tecnológicas que permitam delinear uma estratégia de desenvolvimento que considere a perspectiva de utilizar, de maneira renovável, os recursos; e pensar em estratégias sociais para a transição para o desenvolvimento sustentável. O delineamento destas estratégias demanda uma abordagem mais ampla, no sentido de que se compreenda não apenas os sistemas de produção agrícolas, mas também, da opção de desenvolvimento feita pela sociedade e, mais especificamente, nos seus desdobramentos, conseqüências e potenciais alternativas, que envolvem o seu entorno.

Como a sustentabilidade é uma questão multidimensional, - ambiental, social e econômica, dentre outras - é importante que se faça a interface entre algumas destas dimensões, que em geral tende a ser analisada de maneira isolada, em especial, a questão da eficiência dos sistemas produtivos que pode ser vista sob diferentes dimensões. A abordagem energética demonstra as relações estruturais entre os diversos componentes do sistema produtivo e a análise econômica permite captar situações conjunturais de mercado, que resultam em diferentes indicadores de eficiência.

Do ponto de vista social, verifica-se que parte significativa da produção agrícola nos países do MERCOSUL, particularmente do Paraguai e Brasil, faz-se representar pela exploração agrícola familiar que, em geral, reproduz o modo produtivista do modelo até agora predominante, ou seja, a adoção de tecnologias de agricultura convencional baseada na intensa utilização de energia não renovável, particularmente daquelas derivadas do petróleo. Este modelo aplicado à exploração familiar, tendo em vista sua lógica própria, tende a apresentar limites econômicos e ambientais e de reprodução deste modo de produção. A proposta de modelos de desenvolvimento mais sustentáveis para a exploração familiar demanda uma análise com maior grau de integração das dimensões econômicas e ambientais.

A cultura do algodão constitui-se em uma das atividades agrícolas de importante valor estratégico para o desenvolvimento regional. Considerou-se a importância desta cultura e observou-se a sua participação na produção agrícola familiar no Paraguai e no Brasil.

Portanto, a decisão de analisar agroecossistemas familiares relaciona-se ao momento histórico desta categoria social, que no geral apresenta, assim como a agricultura não familiar, dependência de fontes de energia não-renováveis que podem constituir-se como fatores limitantes, no longo prazo, no processo de produção agrícola.

2 MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho analisou-se sistemas familiares de produção. Optou-se considerar produtores enquadrados nos grupos tipificados e beneficiários pelos programas PRODESAL e PRONAF. A fim de

respeitar o recorte do objeto de estudo foram identificadas e selecionadas explorações familiares nas localidades de *San Juan/Paraguai* e *Leme/Brasil*. No Paraguai, quatro explorações familiares, típicas da região com produção parcialmente mecanizada e no Brasil, três explorações, também típicas da região, caracterizada por realizar todas as operações de forma mecanizada, excetuando a colheita que é feita de forma manual.

Ressalta-se que o presente trabalho estruturou-se em um contexto de ampliação de Projeto de Pesquisa iniciado pela autora em 2005 em nível de Mestrado. Dessa forma, os dados primários da cultura do algodão, relativos aos agroecossistemas estudados em *Leme/Brasil* foram retomados e atualizados ao período considerado (ano agrícola 2007/2008). Nessa etapa, observaram-se alterações nos coeficientes energéticos das fontes fósseis e industriais. Igualmente, no aspecto econômico, observaram-se alterações nos preços dos insumos utilizados.

Utilizaram-se dados provenientes de fontes primárias e secundárias. A reconstituição do itinerário técnico do agroecossistema algodão de ambos os países e informações referentes à produção foram obtidas através de relatos orais e aplicação de questionários especificamente elaborados. Em cada etapa do itinerário técnico, foram detalhadas as quantidades utilizadas de cada insumo, bem como especificados os tipos de insumos utilizados. Os dados levantados junto aos produtores também serviram para compor a matriz de coeficientes técnicos utilizada para a determinação do indicador de eficiência econômica. Tanto na construção da estrutura de dispêndios energéticos como na avaliação da eficiência econômica do agroecossistema algodão, considerou-se os valores médios obtidos, em função destes agricultores apresentarem semelhança em termos de sistemas produtivos e estarem dentro da tipificação proposta neste trabalho.

2.1 Indicadores de eficiência energética (IE_{En})

Para a análise da eficiência energética foram determinados dois indicadores: eficiência energética e eficiência cultural. O primeiro mostra a razão entre as saídas energéticas e as entradas de energia não renováveis (RISOURD, 1999), o segundo demonstra a relação existente entre as saídas e as entradas energéticas totais por unidade de área (BUENO, 2002). Esses índices estão representados pelas equações 1 e 2, respectivamente:

$$\text{Eficiência energética} = \frac{\sum \text{energias bruta dos produtos}}{\sum \text{das "entradas" de energias não renováveis}} \quad (1)$$

Entende-se por eficiência energética, a razão entre a energia bruta dos produtos⁵ e as entradas de energia não renováveis⁶ utilizadas no agroecossistema.

$$\text{Eficiência cultural} = \frac{\text{"saídas" úteis}}{\text{"entradas" culturais}} \quad (2)$$

Compreende-se por eficiência cultural a razão entre a energia útil que deixa o agroecossistema e a energia total que é aplicada nesse processo.

A reconstituição dos itinerários técnicos dos agroecossistemas mostrou que no Paraguai foram realizadas onze operações e, no Brasil, foram apontadas dezesseis operações. 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 agricultores e trabalhadores. A conversão de unidades físicas em unidades energéticas foi feita a partir de literatura pertinente e a apresentação final dos dados foi em megajoules (MJ), com aproximação em duas casas decimais. Os procedimentos metodológicos adotados são os que se seguem.

2.1.1 Mão-de-obra

Metodologicamente seguiu-se o método simplificado (CARVALHO et al., 1974) e as adaptações necessárias propostas por Bueno (2002). Discriminou-se a mão-de-obra envolvida através de anotações individuais, em questionários específicos e informações orais, que detalharam dados acerca do gênero, massa, altura e idade de cada agricultor e/ou trabalhador, relacionando-as a cada operação por eles desenvolvida. Procedeu-se assim à determinação do GER de cada agricultor, através das equações 3 e 4. As equações determinam o gasto energético no repouso em kcal, e o dispêndio calórico final diário é apresentado em MJ.

Para o gênero masculino

$$\text{GER} = 66,5 + 13,75 P + 5,0 A - 6,78 I \quad (3)$$

⁵ saídas energéticas úteis, resultantes da multiplicação da produção física obtida pelos respectivos coeficientes energéticos

⁶ energia de fontes fósseis

Para o gênero feminino

$$\text{GER} = 665 + 9,56 P + 1,85 A - 4,68 I \quad (4)$$

Onde, P = massa em quilogramas; A = altura em centímetros; I = idade em anos completos.

A necessidade calórica final diária é a somatória da divisão em três períodos, segundo o modo de ocupação em número de horas para: tempo de sono, tempo de trabalho e tempo de ocupações não profissionais entendidas por refeições, higiene, deslocamentos, distrações, etc.

2.1.2 Sementes

Os agricultores estudados utilizaram sementes da variedade Codetec 405 (*San Juan*) e Fabrika e Delta Pine (Leme). Utilizou-se o valor energético de 1.531,2 kcal . kg⁻¹ para a semente de algodão, a partir do índice calórico de algodão colhido (2.640 kcal . kg⁻¹) proposto por Castanho Filho e Chabariberi (1982), dada a composição do capulho do algodão (36% pluma, 58% caroço e 6% resíduos), também indicado pelos mesmos autores.

2.1.3 Combustível, óleo lubrificante e graxa

Considerou-se como poder calórico do óleo diesel o valor de 10.100 kcal . kg⁻¹, dos óleos lubrificantes o valor de 10.120 kcal . kg⁻¹, e de graxas, o valor de 10.200 kcal . kg⁻¹ (BRASIL, 2008).

2.1.4 Máquinas e implementos

Com base na proposta metodológica de Doering; Peart (1977) apud Bueno (2002) e Romero (2005) foram determinados os coeficientes calóricos das máquinas e implementos. A denominada depreciação energética que, similar à econômica, com parâmetros de peso das máquinas e dos pneus, consiste em depreciá-los durante sua vida útil, restando ao final apenas a energia relativa ao valor adicionado na fabricação, do qual 5% refere-se a reparo e 12% a um acréscimo para manutenção (COMITRE, 1993).

Utilizaram-se os coeficientes energéticos para trator de 3.494 Mcal . t⁻¹. Para pneus utilizou 20.500 Mcal . t⁻¹ (DOERING; PEART, 1977), valor também adotado por Castanho Filho e Chabariberi (1982). No que diz respeito a implementos e outros equipamentos adotou-se os coeficientes energéticos encontrados em Doering III (1980), correspondendo a 2.061 Mcal . t⁻¹ para aqueles utilizados em todas as operações até o plantio ou semeadura e 1.995 Mcal . t⁻¹ para as demais operações pós-plantio ou semeadura. De posse desses valores utilizou-se a seguinte equação:

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

Onde, *a* = peso das máquinas e implementos . coeficientes energéticos correspondentes; *b* = 5% de "a"; *c* = número de pneus. peso . coeficientes energético de referência; *d* = 12% de (*a* + *b* + *c*); Vida útil = em horas

As indicações em termos de vida útil e horas de uso por ano de máquinas e implementos agrícolas tiveram como base dados da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (2008). Quanto ao transporte interno da produção, foram considerados dados primários que indicaram a quilometragem total e a média de horas de trabalho por dia, levando-se em consideração o intervalo total de dias trabalhados. Com estas informações determinou-se a média de horas de trabalho por hectare. A operação de colheita (inclui transporte) foi totalmente manual.

2.1.5 Corretivo de solo e fertilizantes químicos

O coeficiente energético utilizado foi de 40 kcal . kg⁻¹, sendo este valor empregado por Bueno (2002) e Romero (2005). Conforme Leach (1976), na conversão das unidades físicas de N total, P₂O₅ e K₂O em equivalentes energéticos, acrescentou-se 0,50 MJ/kg, referente ao transporte marítimo, face ao volume representativo das importações dos adubos utilizados. Para o Brasil, o percentual de importação de cada fertilizante foi determinado a partir das tabelas de importação e produção nacional de matérias-primas e produtos intermediários para fertilizantes apresentados pela Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA (2008), referente ao ano de 2007 e seus respectivos percentuais, que foram de 76,9% para o N, 90,0% para o P₂O₅, 90,8% para K₂O e 88,3% para o sulfato de amônio. Para o caso da cobertura, a quantidade de N considerada foi de 20% de nitrogênio total.

Com relação ao Paraguai, devido à escassez de informação e dados exatos dos percentuais de importação do Paraguai, foi considerada a porcentagem média da quantidade total de importação de fertilizantes neste país (84,4%), apresentados pela Gerencia de Estudos Econômicos em base a dados fornecidos pela Direção Nacional de Aduanas - DNA (BCP, 2008). Para efeito do cálculo que compôs o dispêndio energético do agroecossistema de algodão do Paraguai e do Brasil adotou-se os seguintes coeficientes: 62,49 MJ . kg⁻¹ para N total; 9,63 MJ . kg⁻¹ para P₂O₅ e 9,17 MJ . kg⁻¹, para K₂O, que foram os mesmos adotados por Romero (2005) e Pracucho (2006).

2.1.6 Defensivos

Foram adotados valores médios apontados por Pimentel (1980). Os coeficientes energéticos utilizados foram de 83.090 kcal . kg-1 para herbicidas; 74.300 kcal . kg-1 para inseticidas e 21.340 kcal . kg-1, para formicidas. Nestes coeficientes considerou-se produção, formulação embalagem e transporte.

2.2 Indicadores de eficiência econômica (IE_{Ec})

Para a avaliação da eficiência econômica do agroecossistema de algodão foi utilizado o indicador de eficiência econômica dado pela relação receita bruta/custo total da produção, adaptada de Castro et al. (1998). Nesse sentido, a eficiência econômica foi dada pela relação entre a saída de capital do sistema (receita bruta) e entrada de capital (custos). Assim, foi utilizada a seguinte formulação:

$$IE_{Ec} = (P \cdot Y) \cdot Cot^{-1} \quad (6)$$

Onde, IE_{Ec} = índice de eficiência econômica; P = distribuição de frequência de preços (R\$/@); Y = distribuição de frequência de produtividade (@/há); Cot = custo operacional total por unidade de área (R\$/ha).

Na medida em que se pretende captar o caráter conjuntural da eficiência econômica ao invés de se utilizar os preços de forma determinística, utilizou-se neste estudo, uma distribuição de probabilidade de preços que caracterizasse o comportamento dos preços do produto algodão nos últimos anos.

Foram coletados preços mensais referentes ao período de janeiro/1999 e dezembro/2008, compondo uma série de 120 meses (10 anos), deflacionados pelo IGP-M, para o Brasil e para o Paraguai pelo IPC, com base em setembro 2008, mês que antecede a época do plantio da cultura. A identificação da distribuição de frequência de preços foi feita pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov, que testa a aderência de uma distribuição empírica a uma distribuição normal.

Outra variável que interfere na eficiência econômica é a produtividade, cujos dados foram coletados junto aos produtores. Dada a semelhança entre nível e variação de produtividade entre os produtores estudados no Paraguai e Brasil, utilizou-se um valor de produtividade mínima, modal e máxima representativa dos sistemas analisados. A partir desses dados estimou-se uma distribuição triangular para produtividade. Assim a receita bruta, ou a saída de capital é dada pela distribuição de probabilidade de preços e distribuição de probabilidade da produtividade.

A estrutura de custo utilizada para representar os sistemas em análise foi a estrutura de custos operacionais (MARTIN et al., 1998). Os custos operacionais são dados pelas despesas com operações, empreita e material consumido, os quais foram determinados a partir das matrizes de coeficientes técnicos

referentes à quantidade de horas-máquinas, mão-de-obra e insumos e os respectivos preços dos insumos, praticados nas regiões analisadas do Paraguai e do Brasil. Para a determinação do custo operacional de máquinas agrícolas, foi utilizada a norma American Society of Agricultural Engineers (1999), que padroniza os custos variáveis de máquinas agrícolas em combustível, lubrificantes, reparos e manutenção e operador.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise energética dos sistemas de produção do Paraguai e do Brasil

Assim, de acordo com as condições pré-definidas, foram estudados sistemas de produção familiar no Paraguai e no Brasil que tem como atividade agrícola comercial o algodão. A safra estudada correspondeu ao ano agrícola 2007/2008. Nesta safra, para os agroecossistemas destes países consideraram-se uma produção física total de 2.112@ e a produtividade média de 132 @ . ha⁻¹ e de 4.011@ e a produtividade média de 223 @ . ha⁻¹.

No Paraguai, foram verificadas onze operações: limpeza, aração, gradagem, plantio e adubação, replantio e poda (raleo), capina manual, aplicação de inseticida, capina mecânica, colheita manual, secagem e ensacamento e transporte.

As operações de replantio e poda, eventualmente não foram realizadas em todos os agroecossistemas estudados em *San Juan*, e deveu-se a não terem sido necessárias nesse período. Igualmente, uma análise de solo realizada nesse período revelou que o mesmo não precisava de corretivos agrícolas pelo qual não foi realizada a operação.

No Brasil, foram apontadas dezesseis operações: limpeza, aração, calagem, gradagem, aplicação de herbicida, conservação de terraço, plantio e adubação, adubação em cobertura, aplicação de herbicida, aplicação de inseticida, combate à formiga, capina mecânica, capina manual, aplicação de desfolhante, colheita manual e transporte.

As operações de combate à formiga e aplicação de desfolhante, eventualmente não foram realizadas em todos os agroecossistemas estudados em Leme, e deve-se fato de não terem sido necessárias.

Na Tabela 1 pode-se observar a participação das diferentes operações do itinerário técnico em unidades energéticas por unidade de área do Paraguai e do Brasil.

Tabela 1 - Participação das operações do itinerário técnico nos agroecossistemas algodão em MJ . ha⁻¹. Paraguai-Brasil, ano agrícola 2007/2008.

Operação	Participação energética	Participação na matriz	Participação energética	Participação na matriz
	Paraguai (MJ . ha ⁻¹)	(%)	Brasil (MJ . ha ⁻¹)	(%)
Limpeza do terreno	217,90	3,03	210,46	0,41
Aração	1.480,62	20,58	1.020,02	1,97
Calagem	--	--	478,10	0,92
Gradagem	1.025,10	14,25	2.471,19	4,77
Aplicação de herbicida	--	--	1.206,98	2,33
Conservação de terraço	--	--	513,42	0,99
Plantio e adubação	2.147,21	29,85	2.336,47	4,51
Replanteio e poda	39,08	0,54	--	--
Adubação em cobertura	--	--	9.842,12	19,00
Aplicação de inseticida	847,81	11,79	28.853,76	55,69
Aplicação de herbicida	--	--	2.728,25	5,27
Combate à formiga	--	--	89,80	0,17
Capina mecânica	826,17	11,49	935,83	1,81
Capina manual	144,10	2,00	3,67	0,01
Aplicação de desfolhante	--	--	730,29	1,41
Colheita manual	105,11	1,46	92,93	0,18
Secagem e ensacamento	66,20	0,92	--	--
Transporte	294,11	4,09	297,72	0,57
Total	7.193,41	100	51.811,01	100

Fonte: Dados da pesquisa de campo, ano 2008.

Assim, com relação à participação global das entradas de energia no Paraguai, a operação de plantio e adubação apresentou a participação mais significativa (29,85%), seguida pela operação de aração (20,58%).

No Brasil, a operação de aplicação de inseticida foi a participação mais significativa (55,69%), seguida pela operação de adubação em cobertura (19,00%), sendo, portanto, estas operações as maiores consumidoras de energia destes sistema de produção, sendo fator determinante destas participações na matriz, a energia procedente da utilização de óleo diesel, fertilizantes químicos e inseticidas.

Na Tabela 2, é apresentada a matriz energética do agroecossistema algodão do Paraguai e Brasil, a partir da estrutura de dispêndios energéticos.

Tabela 2 - Estrutura de dispêndios, por tipo, fonte e forma e energia bruta da fase agrícola dos sistemas de produção de algodão cultivado em *San Juan*-CA e Leme-SP, ano agrícola 2007/2008.

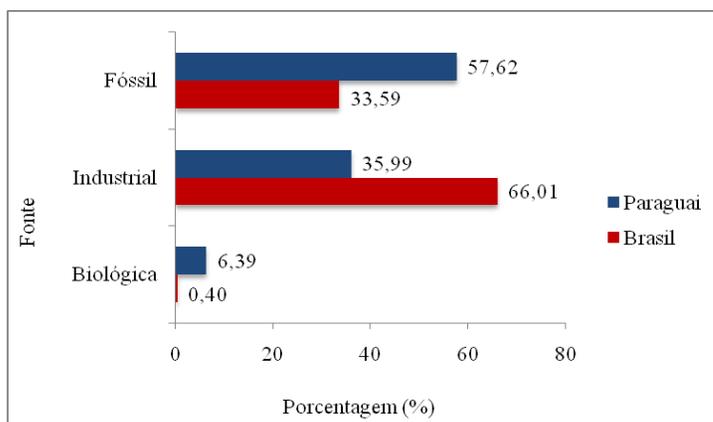
TIPO, fonte e forma	Entradas culturais (MJ . ha⁻¹)		Participação (%)	
	Sistema <i>San Juan</i>	Sistema Leme	Sistema <i>San Juan</i>	Sistema Leme
<u>ENERGIA DIRETA</u>	<u>4.604,43</u>	<u>17.611,49</u>	<u>64,01</u>	<u>33,99</u>
Biológica	459,88	208,68	9,99	1,18
Mão-de-obra	351,54	128,54	76,44	61,60
Sementes	108,34	80,14	23,56	62,35
Fóssil	4.144,55	17.402,81	90,01	98,82
Óleo diesel	4.082,80	17.155,01	98,51	98,58
Lubrificante	22,51	90,27	0,54	0,52
Graxa	39,24	157,53	0,95	0,91
<u>ENERGIA INDIRETA</u>	<u>2.588,98</u>	<u>34.199,52</u>	<u>35,99</u>	<u>66,01</u>
Industrial	2.588,98	34.199,52	100,00	100,00
Máquinas e Implementos	207,64	379,17	8,02	1,11
Calcário	--	223,30	--	0,65
Fertilizantes Químicos	1.546,87	10.342,81	59,75	30,24
Herbicidas	--	2.620,70	--	7,66
Inseticida	834,47	20.544,19	32,23	60,07
Formicida	--	89,35	--	0,26
TOTAL	7.193,41	51.811,01	100	100
ENERGIA BRUTA DO PROD.	21.885,24	36.950,69		
BALANÇO ENERGÉTICO	17.740,69	19.547,88		
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	5,28	2,12		
EFICIÊNCIA CULTURAL	3,04	0,71		

Fonte: Dados da pesquisa de campo, 2008.

Considerando-se o agroecossistema algodão, a partir do itinerário técnico apresentado verificou-se uma energia bruta do produto maior no sistema de Leme-SP que totalizou 36.950,69 MJ . ha⁻¹, com uma participação de 33,99% e 66,01% da energia direta e energia indireta, respectivamente. Enquanto, no sistema de *San Juan* - CA, observou-se uma energia bruta do produto menor, que totalizou 21.885,24 MJ . ha⁻¹, com uma participação de energia direta de 64,01% e energia indireta de 35,99%. Observa-se assim uma maior participação da energia do tipo direta no sistema de produção de *San Juan* e da energia do tipo indireta no sistema de produção de Leme. Por meio da estrutura de dispêndios energéticos foi possível obter o índice de eficiência energética para os sistemas de produção analisados, que foi de 5,28 para o sistema do *San Juan* e 2,12 para o sistema de Leme; e o índice de eficiência cultural de 3,04 e 0,71 para os respectivos sistemas. Assim sendo, os valores atingidos por *San Juan* e Leme (5,28 e 2,12) representam sistemas eficientes energeticamente, pois o indicador obtido apresentou-se superior a um (Risoud, 1999). Assim, o sistema de produção paraguaio apresentou maior eficiência energética, quando comparado ao sistema brasileiro, em função do menor uso de insumos, particularmente de fertilizantes químicos e inseti-

cidas. Igualmente, apresentou menos intensidade de entradas energéticas de fonte fóssil, representado principalmente pelo óleo diesel. Desta maneira, evidenciou-se a elevada dependência, do sistema brasileiro, de fonte de energia industrial e fóssil, que no longo prazo poderia comprometer a eficiência energética deste sistema.

As fontes energéticas utilizadas nos agroecossistemas apresentaram-se bem divididas (Figura 1). No Paraguai observou-se a participação da energia de fonte fóssil predominando sobre a energia industrial e ambas sobre a energia biológica utilizada, que, embora tenha apresentado a menor participação quando comparada com as outras fontes de energia nesse sistema, tem uma importante representatividade da força de trabalho humana (6,39%).



Fonte: Dados da pesquisa de campo, 2008.

Figura 1 - Participação por hectare, das diversas fontes de energia no agroecossistema algodão. *San Juan*-CA e Leme-SP, ano agrícola 2007/2008.

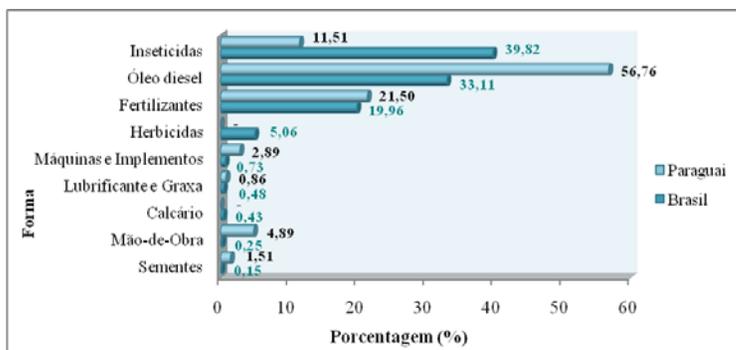
Igualmente, quando comparado com o sistema de produção brasileiro, a representatividade da força de trabalho humana observada em *San Juan* apresenta-se maior frente a pouca representatividade desta no sistema de produção brasileiro, que atingiu apenas um 0,40%, que viu-se prejudicado pelo privilégio da energia de tipo indireta nas operações deste sistema.

Assim, no Brasil, a energia predominante foi a fonte industrial, seguida pela energia fóssil que participou com 33,59%, e, cada uma delas significativamente sobre uma fonte de energia biológica pouco expressiva, evidenciando a pouca representatividade da força de trabalho humana utilizada. Tal resultado pode ser compreendido pelo emprego de grande quantidade de inseticidas na lavoura, bem como pela pesada utilização de adubos químicos, nas operações de plantio e adubação em cobertura.

Nos sistemas estudados, tanto no Paraguai quanto no Brasil, o impacto da mecanização não deu-se na fonte de energia industrial dispendida (energia indireta), mas sim na forma de energia direta através da fonte fóssil utilizada, muito embora ambas se complementassem.

Uma análise detalhada das fontes de energia demonstrou que o itinerário técnico utilizado no Paraguai privilegiou a energia do tipo direta, em decorrência da alta utilização de energia de fonte fóssil. Assim, o agroecossistema estudado em *San Juan* dependeu particularmente de óleo diesel (56,76%) e lubrificante e graxa (0,86%). Fato que pode ser explicado pelo tipo de tecnologia de produção utilizada pelos produtores, onde operações realizadas com máquinas agrícolas, como as de preparo de solo, demandam maior força de tração equivalente a um maior consumo de combustível e são altamente consumidoras de energia. Entretanto, o itinerário técnico utilizado no Brasil privilegiou a energia do tipo indireta, com aplicação de inseticidas e herbicidas, adubação química e mecanização, e como decorrência a fonte fóssil de energia direta representada pelo óleo diesel. Assim, o agroecossistema estudado dependeu fundamentalmente de fonte de energia industrial, particularmente de inseticidas (39,82%) e fertilizantes químicos (19,96%) e de fontes fósseis (óleo diesel 33,11% e lubrificante e graxa 0,48%), conforme se pode observar na Figura 2.

É importante ressaltar que nas operações do itinerário técnico observadas no Paraguai não se faz aplicação de herbicida (é feita a operação de capina manual). Igualmente não houve aplicação de corretivos de solo. Nesse período foi realizada uma análise de solo que revelou que não se precisava de corretivos agrícolas, fato pelo qual não foi realizada a operação.



Fonte: Dados da pesquisa de campo, ano 2008.

Figura 2 - Participação por hectare, das diversas formas de energia no agroecossistema algodão. Paraguai-Brasil, ano agrícola 2007/2008.

Igualmente, na Figura 2, pode-se observar uma importante diferença no item de inseticidas entre ambos os países, devido fundamentalmente a que no Brasil foram feitas entre 16 e 21 aplicações de inseticidas, enquanto no Paraguai foram feitas apenas entre 2 e 3 aplicações.

3.2 Análise econômica dos sistemas de produção do Paraguai e do Brasil

De igual maneira à abordagem energética, procurou-se determinar a participação dos diversos itens, segundo a tipologia energética, no custo operacional total para efeito de comparação entre as duas abordagens dos sistemas estudados no Paraguai e no Brasil (Tabela 3).

Tabela 3 - Participação das diversas formas de energia no custo operacional da produção do agroecossistema algodão. *San Juan*-CA e Leme-SP, safra 2007/2008 (por ha).

Forma	Custo operacional por formas de energia (em R\$)		% do Custo total	
	<i>San Juan</i>	Leme	<i>San Juan</i>	Leme
Mão-de-obra	143,84	219,14	9,66	8,51
Sementes	12,22	17,50	0,82	0,68
Óleo diesel	219,82	135,28	14,77	5,25
Lubrificante e Graxa	11,80	30,53	0,79	1,19
Máquinas e Implementos **	459,47	442,33	30,86	17,18
Calcário	--	52,00	--	2,02
Fertilizantes Químicos	406,40	811,35	27,30	31,51
Herbicidas	--	62,86	--	2,44
Inseticida	50,40	98,76	3,39	3,82
Sub total	1.303,95	1.869,42	87,59	72,59
Ganho da algodoeira ***	84,83	705,80	12,41	27,41
Total	1.488,78	2.575,22	100,00	100,00

** Refere-se à depreciação; *** Refere-se à colheita.

Fonte: Dados da pesquisa de campo, 2008.

O custo operacional total do agroecossistema de *San Juan* foi de R\$ 1.488,78 por hectare e o de Leme de R\$ 2.575,22 por hectare. Assim, o sistema de produção de *San Juan* apresentou um custo por área menor que o sistema de Leme, em função do menor uso de insumos, particularmente de fertilizantes químicos e inseticidas, que no sistema de Leme atingiu R\$ 910,11 por hectare, que corresponde a 35,33% do custo operacional por área. Igualmente, da depreciação das máquinas que foi de R\$ 442,33 por hectare (17,18%).

Todos os itens apresentados na participação das diversas formas de energia no custo operacional foram separados a fim de realizar uma comparação equivalente entre as análises energética e econômica. Porém, é importante ressaltar que a metodologia utilizada para a determinação dos custos operacionais não permitiu fazer uma comparação equivalente entre as duas análises, no que diz respeito ao ganho da algo-

doeira, que fez as operações de colheita e transporte, sendo a diferença observada em *San Juan* 12,41%. e de Leme de 27,41%. Isto não representou um fator determinante e não impediu a realização da análise.

Verificou-se por fim, sistemas familiares com importantes produtividades, receita bruta, lucratividade operacional e em consequência considerável margem bruta, índice de lucratividade e eficiência econômica decorridas do cultivo do algodão. A receita bruta do sistema paraguaio foi de R\$ 1.832,16 por hectare, frente a um custo operacional de R\$ 1.488,78 por hectare e no sistema brasileiro foi de R\$ 3.267,23 por hectare, frente a um custo operacional de R\$ 2.575,22 por hectare.

As margens brutas obtidas foram de 23,06% (*San Juan-CA*) e 26,87% (Leme-SP), em relação ao custo operacional, o que indicaram que após pagarem-se os custos operacionais totais, os produtores dispõem ainda de 23,06% (*San Juan*) e 26,87% (Leme) sobre o valor destes custos. O Lucro Operacional constitui a diferença entre a receita bruta e o custo operacional por hectare e mede a lucratividade da atividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade agropecuária. Assim, as receitas brutas frente aos custos operacionais do Paraguai e do Brasil proporcionaram um lucro operacional de R\$ 343,38 por hectare e R\$ 692,01 por hectare, respectivamente. O Índice de Lucratividade do Paraguai foi de 18,74% e do de Brasil de 21,18%. Esse indicador que é dado pela relação entre o Lucro Operacional e a Receita Bruta é uma medida importante de rentabilidade da atividade destes sistemas, uma vez que mostra a taxa disponível de receita da atividade, após o pagamento de todos os custos operacionais.

Igualmente, foi determinado o Índice de Eficiência Econômica, para esse período, dado pela relação Receita Bruta / Custo Operacional Total que foi de 1,23 para o Paraguai, e de 1,27 para o Brasil. Sendo assim, esta relação permitiu verificar a eficiência dos sistemas, pois, a relação, para ambos os países, foi superior a um. Na Tabela 4 é apresentada a relação dos Indicadores de Eficiência Econômica (E_{Ec}) e Eficiência Energética (E_{En}). Para a avaliação da Eficiência Econômica do agroecossistema algodão, considerou-se preços médios mensais correspondentes ao período de janeiro/1999 e dezembro/2008, ou seja, 10 anos que foram deflacionados e corrigidos pelo fator de ajuste sazonal para os meses de safra.

Verificou-se que a comercialização do produto, em ambos os países, concentrou-se no período pós colheita (março, abril e maio). Igualmente, foram utilizadas as produtividades mínima, modal e máxima, dados informados pelos produtores, e a estrutura de custos operacionais. Assim, os resultados mostraram que no Paraguai, o valor máximo do indicador de eficiência econômica foi de 1,00, atingido no mês de maio. No Brasil, o valor máximo do indicador de eficiência econômica foi de 1,71, atingido no mês de abril. Ambos indicadores econômicos apresentaram-se inferior quando comparado à eficiência energética do Paraguai (5,28) e do Brasil (2,12). Valores que representam um sistema eficiente energeticamente, pois o valor obtido é maior a um (RISOUD, 1999).

Tabela 4 - Relação dos Indicadores de Eficiência Econômica, Energética e Cultural do agroecossistema algodão do Paraguai e Brasil. Meses de referência março/abril/maio 2008.

Mês	Indicadores de Eficiência					
	PARAGUAI			BRASIL		
	E_{Ec}	E_{En}	E_C	E_{Ec}	E_{En}	E_C
Março	0,87			1,70		
Abril	0,86	5,28	3,04	1,71	2,12	0,71
Maio	1,00			1,66		

Fonte: Dados da pesquisa, ano 2008.

Verificou-se, igualmente, que a eficiência econômica foi inferior à eficiência cultural. O valor da eficiência cultural (3,04) foi superior à eficiência econômica, apresentando um sistema de produção eficiente energeticamente, ou seja, sustentável, mas que privilegiou a utilização de energia de fonte fóssil, particularmente de óleo diesel seguida pela energia de fonte industrial representado principalmente pela pesada utilização de fertilizantes químicos, que no longo prazo pode-se traduzir num sistema não sustentável energeticamente, embora no curto prazo os indicadores econômicos apontem para a possibilidade de eficiência econômica nos sistema de produção de algodão do Paraguai.

No Brasil, a eficiência econômica foi superior à eficiência cultural. O valor da eficiência cultural inferior a um (0,71), pode ser atribuído ao tipo de sistema de produção estudado, que privilegiou a alta utilização de insumos energéticos não-renováveis, (energia de fonte industrial), com aplicação de inseticidas e herbicidas, adubação química e mecanização, e como decorrência a fonte fóssil representada pelo óleo diesel.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e as discussões apresentadas neste estudo, pode-se destacar as seguintes conclusões: O itinerário técnico utilizado pelos agricultores estudados em *San Juan* privilegiou a energia do tipo direta, sendo a energia de fonte fóssil (57,62%) o fator determinante na matriz energética do sistema paraguaio, procedente principalmente da utilização de óleo diesel (56,76%), seguida pela energia de fonte industrial (35,99%) representado principalmente pela alta utilização de fertilizantes químicos. Entanto, o itinerário técnico utilizado no Brasil privilegiou a energia do tipo indireta, de fonte industrial (66,01%) com pesada aplicação de inseticidas e herbicidas, adubação química e mecanização, e como decorrência a fonte fóssil (33,59%) destacando-se nesta a participação do óleo diesel (33,11%).

A fonte biológica em ambos os países foi a de menor participação, observando-se a pouca representatividade da força de trabalho humano nos agroecossistemas estudados. Embora no Paraguai tenha sido observado um considerável dispêndio calórico representado pela mão-de-obra (6,39%) frente a pouca participação desta, no sistema de produção do Brasil que atingiu apenas 0,40%.

Nas condições deste estudo verificou-se que a produção de algodão destes sistemas é eficiente, mas, uma análise detalhada evidencia sistemas dependentes, em maior ou menor grau, de fonte fóssil e industrial. A afirmação supracitada é fundamentada nos resultados observados nos sistemas do Paraguai e do Brasil, onde o tipo de tecnologia de produção aplicada com operações altamente demandantes de força de tração e energia privilegia o uso de energia de fonte fóssil para o caso paraguaio, e no caso brasileiro, onde predominou o emprego de grandes quantidades de inseticidas nas lavouras e pesada utilização de adubos químicos no itinerário técnico, privilegiando desta maneira, a utilização de energia de fonte industrial.

Ainda, com relação ao itinerário técnico utilizado pelos agricultores estudados, e apesar da eficiência alcançada nestes agroecossistemas, tem-se por um lado, um sistema de produção brasileiro com significativa produção e produtividade, porém, com uma eficiência energética e cultural bastante menor quando comparado com o sistema de produção paraguaio, que apresentou-se aproximadamente três vezes mais eficiente energeticamente, no entanto, com uma produção e produtividade muito menores.

Do ponto de vista econômico, verificou-se sistemas familiares com consideráveis margens brutas, em relação ao custo operacional, decorridas do cultivo de algodão. Estas margens brutas indicaram que, após pagarem-se os custos operacionais totais, os produtores ainda dispõem de 23,06% (Paraguai) e 26,87% (Leme) sobre o valor destes custos. Com relação ao Índice de Lucratividade do Paraguai (18,74%) e do Brasil (21,18%) mostrou-se a rentabilidade da atividade destes sistemas. Verificou-se, igualmente a eficiência econômica dos sistemas estudados, a partir do Índice de Eficiência Econômica, que foi de 1,23 (Paraguai) e de 1,27 (Brasil).

O indicador de máxima eficiência econômica do Paraguai foi de 1,00 (no mês de maio) e do Brasil de 1,71 (no mês de abril) o que apontaram, que nas condições de preços, custos e produtividade, a possibilidade do sistema apresentar eficiência econômica, embora, deva considerar-se dentro desses cenários, a possibilidade da produção de algodão mostrar-se ineficiente. Face às particularidades observadas nos sistemas estudados em ambos os países, porém, em forma mais acentuada nos sistemas brasileiros; produções agrícolas consideráveis baseadas na alta utilização de insumos químicos e mecanização com base em energia fóssil, ou seja, sistemas dependentes de conjunturas externas e fontes energéticas não-renováveis geram questionamentos sobre o custo e o tempo dessa eficiência. Assim, ambos os sistemas de produção analisados apresentaram-se eficientes energeticamente, porém, esses sistemas, podem ter implicações no longo prazo, não só do ponto de vista da sustentabilidade energética, dada a forte dependência de fontes

não-renováveis, como igualmente pode ter efeitos sobre a eficiência econômica, dada a tendência de custos crescentes deste tipo de energia.

Assim, dada esta dependência de fontes externas de energia, torna-se fundamental que um novo modelo de desenvolvimento menos dependente de fontes externas de energia sejam avaliados nestes sistemas. Uma das alternativas a ser considerada seriam ações que visem o aproveitamento de subprodutos, como a torta e óleo, que atualmente são apropriados pela algodoeira, como insumos energéticos para o próprio agroecossistema na forma de adubo e biodiesel. A eficiência econômica desta alternativa demanda estudos adicionais em termos de custos de processamento e transporte para o campo.

Considera-se, por fim, que pesquisas dessa natureza apresentam uma importante contribuição não apenas ao estudo das explorações agrícolas familiares e seu entorno, mas configuram subsídios para políticas públicas que objetivem maior inserção econômica, justiça social e equilíbrio ambiental, tendo como eixo a questão da sustentabilidade.

5 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **D230.3**: agricultural machinery management data. St Joseph, Michigan, 1999. p. 91-97.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes 2008**. São Paulo, 2008. 162 p.

BANCO CENTRAL DEL PARAGUAY. **Informe anual 2008**: Informe económico preliminar 2008. Asunción, 2008. p.51.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional 2008**: ano base 2007 - resultados preliminares. Rio de Janeiro, 44 p.

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

CARVALHO, A.; GONÇALVES, G. G.; RIBEIRO, J. J. C. **Necessidades energéticas de trabalhadores rurais e agricultores na sub-região vitícola de "Torres"**. Oeiras: Instituto Gulbenkian de Ciência, Cen-

tro de Estudos de Economia Agrária, 1974. 79 p.

CASTANHO FILHO, E. P.; CHABARIBERI, D. **Perfil energético da agricultura paulista**. São Paulo: IEA, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Governo do Estado de São Paulo, 1982. 55 p. (Relatório de pesquisa 9/82).

CASTRO, A. M. G. et al. Prospecção de demandas tecnológicas no sistema nacional de pesquisa agropecuária (SNPA). In: CASTRO, A. M. G, et al. **Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospecção tecnológica**. Brasília, DF: EMBRAPA, DPD, 1998.

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

DOERING, O. C.; 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: CRC, 1980. p. 9-14.

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

MARTIN, N. B. et al. Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTRAGRI. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 7-28, jan. 1998.

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

PRACUCHO, T. G. M. **Análise energética e econômica da produção de milho (*Zea mays*) em plantio direto em propriedades familiares do município de Pratânia - SP**. 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, juillet-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 Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO – Instituto de Economia Agrícola. **Banco de dados**. São Paulo, 2008. Disponível em:< <http://www.iea.sp.gov.br>>. Acesso em: 25 de jan. 2008.