

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE ENERGÉTICA DO MILHO EM SISTEMA DE PLANTIO
DIRETO, EM ASSENTAMENTO RURAL, ITABERÁ/SP.**

RICARDO RODRIGUES DOS SANTOS

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP

Fevereiro - 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE ENERGÉTICA DO MILHO EM SISTEMA DE PLANTIO
DIRETO, EM ASSENTAMENTO RURAL, ITABERÁ/SP.**

RICARDO RODRIGUES DOS SANTOS

Orientador: Prof. Dr. Elias José Simon

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP

Fevereiro - 2006

106
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU

REPRODUÇÃO
AUTORIZADA

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Santos, Ricardo Rodrigues dos, 1963-
S237a Análise energética do milho em sistema de plantio di-
reto, em assentamento rural, Itaberá/SP / Ricardo Rodri-
gues dos Santos. - Botucatu, [s.n.], 2006.
viii, 70 f. : tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2006
Orientador: Elias José Simon
Inclui bibliografia

1. Milho. 2. Plantio direto. 3. Análise energética. 4. As-
sentamento rural. 5. Milho - Itaberá (SP) I. Simon, Elias
José. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesqui-
ta Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências
Agrônomicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "ANÁLISE ENERGÉTICA DO MILHO EM SISTEMA DE PLANTIO
DIRETO, EM ASSENTAMENTO RURAL, ITABERÁ/SP"**


ALUNO: RICARDO RODRIGUES DOS SANTOS

ORIENTADOR: PROF. DR. ELIAS JOSÉ SIMON


Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ELIAS JOSÉ SIMON



PROF. DR. OSMAR DE CARVALHO BUENO



DRA. VALERIA COMITRE

Data da Realização: 03 de fevereiro de 2006.

**Aos meus filhos, Jonas e Zé Paulo,
e à Déia, que são meus grandes
presentes nesta vida,
dedico este trabalho.**

AGRADECIMENTOS

Ao meu Professor e Orientador, Dr. Elias José Simon,

Ao Prof. Dr. Osmar de Carvalho Bueno,

À COPAVA – Cooperativa de Produção Agropecuária Vó Aparecida,

Ao Sílvio Roberto da Silva (COPAVA),

Ao meu amigo Mauro (Mamona),

À Vânia Lotz,

O meu muito obrigado!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	VIII
1 RESUMO	01
2 SUMMARY	03
3 INTRODUÇÃO.....	05
4 REVISÃO DE LITERATURA	09
4.1 Fluxos energéticos em agroecossistemas	09
4.2 Análise energética	12
4.2.1 Classificação das energias	12
4.2.2 Os fluxos de energia	15
4.2.3 Índices energéticos ou calóricos.....	17
4.2.4 Índices de desempenho energético	19
4.2.5 Delimitação da matriz energética	20
4.2.6 Categoria de abordagem da análise energética em estudo.	28
4.3 O plantio direto	28
4.3.1 Características do plantio direto	30
4.4 A produção de milho e a importância da agricultura familiar no contexto regional e nacional	33
4.5 Os assentamentos rurais no estado de São Paulo e a produção de milho.....	34
4.5.1 Fazenda Pirituba	36
5 MATERIAL E MÉTODOS	40
5.1 Entradas energéticas	43
5.1.1 Energia direta de origem biológica	43
5.1.2 Energia direta de origem fóssil	45
5.1.3 Energia indireta de origem industrial	45
5.2 Saídas energéticas (úteis)	47

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
6.1 Entradas energéticas	49
6.1.1 Energia direta de origem biológica	49
6.1.2 Energia direta de origem fóssil	50
6.1.3 Energia indireta de origem industrial	51
6.1.4 Total de entradas culturais	53
6.2 Saídas energéticas (úteis)	53
6.3 Matriz energética do agroecossistema milho	53
6.4 Apresentação e discussão da matriz energética calculada e comparação com a de Bueno (2002)	55
6.3.1 Comparação do total de entradas culturais nos dois sistemas	58
7 CONCLUSÕES	60
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
01	Comparativo de dispêndio de energia de agricultores por tipo de trabalho agrícola, em fração correspondente ao GER, em ordem crescente.....	44
02	Entrada de energia tipo direta, fonte biológica, na formas: mão-de-obra e sementes, em MJ x ha ⁻¹ , e sua respectiva participação percentual por fonte e tipo.....	49
03	Entrada de energia tipo direta, fonte fóssil, na formas: óleo diesel, óleo lubrificante e graxa, em MJ x ha ⁻¹ , e sua respectiva participação percentual por fonte e tipo.....	50
04	Entrada de energia tipo indireta, fonte industrial, nas formas: máquinas, implementos, corretivos de solo, fertilizantes químicos e agrotóxicos, em MJ x ha ⁻¹ , e sua respectiva participação percentual por fonte e tipo..... 51	51
05	Total de entradas de energia: tipo direta e indireta, em MJ x ha ⁻¹ , e sua respectiva participação percentual.....	53
06	Matriz energética por tipo, fonte e forma, entradas culturais, saídas úteis, energia cultural líquida e eficiência cultural do agroecossistema milho, em MJ x ha ⁻¹ e suas devidas participações percentuais.....	54
07	Comparação dos resultados obtidos em sistema de plantio direto e convencional	56
08	Comparação dos resultados das entradas energéticas no plantio direto e convencional, Itaberá/SP (1999/2000)	58

LISTA DE ABREVIATURAS

COPAVA	Cooperativa de Produção Agropecuária Vó Aparecida
EFA	Energia final aproveitável
EIA	Energia injetada na agricultura e/ou fluxo externo
EPA	Energia Produzida pela agricultura e/ou fluxo interno
Eprim	Energia de origem primária
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
GER	Gasto energético no repouso
h	hora
ha	hectare
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
ITESP	Instituto de Terras do Estado de São Paulo “José Gomes da Silva”
J	Joule
Kcal	quilocaloria
Kg	quilograma
Kgf	quilograma força
K ₂ O	óxido de potássio
l	litro
Mcal	megacaloria
MJ	megajoule
MST	Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra
N	nitrogênio
NPK	nitrogênio, fósforo e potássio
P	fósforo
P ₂ O ₅	pentóxido de fósforo
sc	sacas
SP	estado de São Paulo
t	tonelada

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar do ponto de vista energético o agroecossistema milho, em sistema de plantio direto, localizado na área III do projeto de assentamento de trabalhadores rurais Pirituba II, no município de Itaberá/SP. A análise energética quantificou todas as operações realizadas, juntamente com suas exigências físicas (quilogramas, litros, horas, metro, hectare, alqueire etc), os insumos utilizados e os grãos produzidos, classificando-os em seus respectivos fluxos, a partir da definição das entradas e saídas de energia, traduzindo-os em equivalentes energéticos e determinando, assim, a matriz energética do agroecossistema. Os índices calóricos utilizados foram os de eficiência cultural e energia cultural líquida. Os resultados desta pesquisa demonstraram a dependência do sistema de fontes de energia industrial, provindas de fertilizantes (44,42%) e agrotóxicos (18,71%), e de energia fóssil do óleo diesel (28,06%). Os valores energéticos, referentes aos tipos de energia direta e indireta, apresentaram grandezas distintas, sendo que a energia indireta (65,60%) representou quase o dobro da energia direta (34,40%) utilizada no sistema, significando que as fontes energéticas utilizadas encontram-se pouco equilibradas. A

eficiência cultural encontrada foi de 14,39, apontando que para cada unidade calórica aplicada no agroecossistema o retorno foi de 13,39 unidades e a energia cultural líquida atingiu 115.388,28 MJ x ha⁻¹. Num segundo momento, os dados obtidos foram comparados aos dados publicados por Bueno (2002), que realizou sua pesquisa neste mesmo agroecossistema, ano agrícola e área, porém em duas glebas diferentes que empregavam o sistema de plantio convencional. Na comparação entre os estudos, as entradas culturais de ambos os sistemas foram energeticamente muito semelhantes com 8.619,73 MJ x ha⁻¹ (plantio direto), e 8.783,78 MJ x ha⁻¹ (convencional). As saídas úteis tiveram resultados diferentes com 124.008,01 MJ x ha⁻¹ e 79.118,38 MJ x ha⁻¹, respectivamente. Portanto, a energia cultural líquida foi bem maior no sistema estudado (115.388,28 MJ x ha⁻¹) comparativamente ao sistema convencional (70.334,60 MJ x ha⁻¹). Foi perceptível, também, a contribuição do dispêndio energético dos fertilizantes químicos, principalmente os nitrogenados, para o elevado consumo energético das duas matrizes energéticas estudadas, confirmando a tendência observada em outros trabalhos já realizados. Há pouca contribuição da energia de fonte biológica em ambos os sistemas, demonstrando serem estes sistemas bem tecnificados, com pouca representatividade energética oriunda de mão-de-obra.

Palavras-chave: Análise energética, eficiência cultural, energia cultural líquida, plantio direto, milho, assentamento rural.

CORN ENERGETIC ANALYSIS AT THE DIRECT PLANTING SYSTEM, AT A RURAL PLACEMENT, ITABERÁ/SP. Botucatu, 1991. 70p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: RICARDO RODRIGUES DOS SANTOS

Adviser: ELIAS JOSÉ SIMON

2 SUMMARY

The aim of this work was to proceed, from the energetic point of view, an analysis of a corn agroecosystem, on the direct planting, located at Pirituba II rural workers placement project, Área III, city of Itaberá/SP. The energetic analysis measured all operations, together with its physical demands (kilograms, liters, hours, meters, surface measures, etc), the inputs and produced grains, classifying them within their respective flux, based on the definition of energy inputs and outputs, converting them into energetic equivalents and, so, determining the energetic matrix of the agroecosystem. The caloric index used were cultural efficiency and cultural liquid energy. The results showed the dependence of the studied systems on the chemical energy sources, from fertilizers (44,42%), agrottoxics (18,71%), and diesel (28,06%). The energetic values of the direct and indirect energy showed a very big difference between them: indirect energy (65,60%) represented almost twice the direct energy (34,40%) used on the system, what means that the energy sources used in the system are not balanced. The cultural efficiency found was 14,39, pointing that for every caloric unity applied on the agroecosystem, the return was of 13,39 units and cultural liquid energy got to 115.388,28 MJ x ha⁻¹. Later on, obtained data was compared to already existing data in Bueno

(2002), who researched corn agroecosystem, in the same agriculture period, at the same area, in two different gleba, with conventional planting system. Comparing both studies, the cultural inputs of both systems were energetically almost the same: 8.619,73 MJ x ha⁻¹ (direct planting), e 8.783,78 MJ x ha⁻¹ (convencional planting). The outputs had very different results: 124.008,01 e 79.118,38 MJ x ha⁻¹, respectively. So, we had much more cultural liquid energy on the studied system: 115.388,28 MJ x ha⁻¹, compared to convencional system: 70.334,60 MJ x ha⁻¹. It was perceptible, either, the energetic loss contribution of chemical fertilizers, mainly the nitrogenated, for the high energetic loss of both energetic studied matrices, confirming the tendency observed on other works. There are few contribution from biological energy source in both systems, showing that these systems are very technical, with less representativity of energetic workmanship.

Keywords: Energy analysis, cultural efficiency, cultural liquid energy, direct planting, corn, rural placement.

3 INTRODUÇÃO

O atual desenvolvimento industrial e a expansão urbana acentuam cada vez mais o papel fundamental da agricultura como transformadora e consumidora de energia à medida que atende as necessidades energéticas da sociedade através de alimentos para o homem e matérias-primas para a indústria. Diante dessa demanda, a agricultura passou a utilizar em seu processo de produção, além das energias encontradas livremente na natureza (energia solar, ar, água, nutrientes orgânicos e minerais do solo), mais intensamente as energias adicionadas pelo homem como fertilizantes, combustíveis, agrotóxicos etc (CARVALHO & LUCAS JÚNIOR, 2001).

Este modelo de produção agrícola, que acabou por se generalizar em várias regiões do mundo, é conhecido por ser um conjunto tecnológico constituído de animais e variedades vegetais melhorados geneticamente, insumos originados na indústria química e farmacêutica, completado pelo uso de máquinas agrícolas movidas por combustíveis fósseis e energia elétrica. Por sua vez, a generalização dessa forma de produzir a despeito dos benefícios relativos ao aumento da produção e produtividade, ajudou também a disseminar

problemas como a erosão e a aumento da degradação dos solos mais susceptíveis, principalmente no tocante ao manejo, que implica, por vezes, em grande mobilização de terra em algumas fases do ciclo produtivo (VEIGA FILHO & OLIVEIRA, 2002).

Conseqüentemente, esse modelo de produção que privilegia o uso de insumos energéticos, principalmente os de origem fóssil, apresentando dependência energética de regiões distantes, que promove a degradação ambiental e compromete o grau de sustentabilidade da agricultura, deve ser objeto de preocupação da sociedade. Pois, segundo Carmo (2002), dentre as principais características para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável é necessário que a mesma possua alta eficiência energética e recicle grande parte da energia introduzida e produzida. Portanto, a mudança do sistema de produção, do convencional para o de plantio direto, pode vir a alterar substancialmente o quadro descrito conjugando elevação da produtividade com sustentabilidade ambiental.

Em termos econômicos, a vantagem do plantio direto é expressa no menor custo representado pela redução das horas-máquinas empregadas e, conseqüentemente, no menor gasto com combustíveis e lubrificantes (OLIVEIRA & VEIGA FILHO, 2002; BERTOL & FISHER, 1997).

Há indicações de que o plantio direto se viabiliza técnica e economicamente com a adoção da rotação de culturas, compreendendo também o uso de adubos verdes. Em termos físicos, os benefícios passam pelo maior teor de umidade ocasionado pelo fato do solo ficar mais protegido pela cobertura vegetal e por tornar-se menos desestruturado em razão da menor utilização de máquinas (VEIGA FILHO & OLIVEIRA, 2002).

A agricultura familiar é a principal geradora de postos de trabalho no meio rural brasileiro. Mesmo dispondo de apenas 30% da área, é responsável por 76,9% do pessoal ocupado. Dos 17,3 milhões de pessoal ocupado na agricultura brasileira, 13.780.201 estão empregados na agricultura familiar. Os agricultores familiares são responsáveis pela contratação de 16,8% (308.097) do total de empregados permanentes do Brasil, enquanto os estabelecimentos patronais contratam 81,7% (1.502.529) (INCRA/FAO, 2000).

O relatório de Guanzirolí et al. (1996) salienta que 44,8% do milho produzido no País é cultivado pela agricultura familiar, e que esta organização social de produção ocupa 22% da área total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, englobando

cerca de 14 milhões de pessoas, isto é, 59% do pessoal ocupado no setor agrícola. Segundo INCRA/FAO (2000), em 1995 a participação dos estabelecimentos agropecuários familiares no Valor Bruto da Produção (VBP) de milho atingiu 48,6%, quase a metade de todo o VBP do milho produzido no Brasil.

Bergamasco (1993) constatou a importância do caráter familiar na agricultura no estado de São Paulo. A autora demonstrou que 54,5% dos estabelecimentos paulistas eram constituídos pelo conjunto de unidades familiares.

Em estudo feito pelo ITESP (1998a), referente à safra 97/98, o milho esteve entre as culturas que mais se destacaram nos assentamentos rurais do estado de São Paulo, seja pela área ocupada ou pelo número de famílias envolvidas, com uma área ocupada de 11.446 ha e um número de 2.864 produtores envolvidos com essa cultura, correspondendo a 39,40 % da área total utilizada por culturas anuais e presente em mais de 50% dos lotes.

Conseqüentemente, observar a produção desse agroecossistema milho em seu sistema de plantio, buscando compreender a sustentabilidade da agricultura nesta forma de organização social de produção, que são os assentamentos rurais, torna-se viável.

Com vistas à avaliação da sustentabilidade dos agroecossistemas, pode-se dizer que a abordagem energética e/ou análise de fluxos de energia é uma forma de avaliação do seu nível de desenvolvimento. A relação entre a energia contida nos alimentos e a energia contida nos insumos gastos para a sua produção é uma das alternativas para avaliar a sustentabilidade da agricultura (SCHROLL, 1994).

Portanto, a análise energética ao apresentar índices que relacionam entradas e saídas de energia no agrossistema, justificar-se-á enquanto instrumento complementar de avaliação do processo produtivo (BUENO, 2002); principalmente como importante instrumento no monitoramento da agricultura ante o uso de fontes de energia não-renováveis.

Pelo sistema de plantio direto ser uma prática benéfica de manejo do solo e de economia energética, e dada à importância da agricultura familiar e dos assentamentos rurais, os quais também utilizam esta prática, o objetivo deste trabalho foi fazer uma análise energética destinada a quantificar todas as operações realizadas (suas exigências físicas), os insumos utilizados e os grãos produzidos, classificando-os em seus respectivos fluxos, a partir da definição das “entradas” e “saídas” de energia do agroecossistema em

estudo, e traduzindo-os em equivalentes energéticos, possibilitando, assim, a construção de indicadores que permitam, caso necessário, a intervenção no sistema produtivo visando melhorar sua eficiência. Os índices calóricos utilizados são os de Eficiência Cultural e Energia Cultural Líquida.

As informações foram coletadas na Área III do Projeto de Assentamento de Trabalhadores Rurais Pirituba II, em uma gleba de 139,2 ha., situado no município de Itaberá, no sul do estado de São Paulo, na área de gestão da Cooperativa de Produção Agropecuária Vó Aparecida - COPAVA que tem características peculiares como a gestão e trabalho agrícola processados coletivamente, contando com 31 famílias participantes, onde a técnica do plantio direto já é adotada desde o ano agrícola 1999/2000.

Fundamentalmente a partir desses resultados, diante do itinerário técnico do sistema de produção estudado (plantio direto), compará-los aos índices calóricos (Energia Cultural Líquida e Eficiência Cultural) publicados por Bueno (2002), que realizou pesquisa neste mesmo agroecossistema, ano agrícola e área, porém em duas glebas diferentes que empregavam o sistema convencional de produção. Comparação, esta, que visa subsidiar a tomada de decisões nas ações no interior do agroecossistema, possibilitando utilização mais racional dos recursos não-renováveis, assim como uma avaliação acerca do sistema de produção agrícola adotado no assentamento rural.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Fluxos energéticos em agroecossistemas

Os ecossistemas devem se entendidos como unidades estruturais e funcionais básicas da natureza, onde as inter-relações de suas comunidades (animais e vegetais) estabelecem um equilíbrio dinâmico (PASCHOAL, 1979).

Agroecossistema é um ecossistema artificial implantado pelo homem, objetivando a obtenção de alimentos, fibras e outros materiais, altamente tecnificado e dependente de importações de energia, formado por um único organismo com alto desempenho de produção (PASCHOAL, 1979; ODUM, 1986).

Para Odum (1986), os agroecossistemas apresentam uma dependência energética de regiões distantes e uma saída que exerce um impacto sobre elas; diferem dos ecossistemas naturais ou seminaturais que utilizam a energia gratuita do sol, tais como lagos e florestas, em três características básicas: (1) a energia auxiliar que aumenta ou subsidia a

entrada de energia solar está sob o controle do homem, consistindo em trabalho humano e animal, fertilizantes, pesticidas, água de irrigação, e combustível para mover a maquinaria; (2) a diversidade de organismos está muito reduzida (novamente pela ação humana), para maximizar a produção de um determinado alimento ou outro produto; e, (3) as plantas e animais dominantes sofrem a seleção artificial e não a seleção natural.

Nos agroecossistemas, portanto, a abordagem energética e/ou análise de fluxos de energia torna-se uma forma complementar de avaliação do seu nível de desenvolvimento. A relação entre a energia contida nos alimentos e a energia contida nos insumos gastos para a sua produção (combustíveis, fertilizantes, fungicidas, herbicidas e inseticidas) é uma das alternativas para avaliar o grau de sustentabilidade da agricultura, cita Schroll (1994).

Ao complementar este raciocínio, Santos et al. (2001) afirmam que os sistemas de produção agrícola precisam ser energeticamente sustentáveis, uma vez que são sistemas abertos e a quantidade de energia que entra no sistema deve ser, preferencialmente, igual ou menor à que sai.

Preocupação, esta, já demonstrada por Carmo et al. (1992), sobre a tendência de apresentação de alto conteúdo em capital físico e energético nas tecnologias agrícolas dominantes, promovendo desequilíbrios nas relações naturais e impactos no meio ambiente; principalmente, os recursos de energia fóssil, aos quais despendem maior quantidade de energia (CARMO et al., 1993).

Confirmação que ratifica o posicionamento de Heichel (1980), ao qual o maquinário, consumo direto de combustível e fertilizantes nitrogenados compõem a maior entrada de energia nos processos produtivos agrícolas convencionais.

De acordo com Pimentel (1984), em nações industrializadas, tais como os Estados Unidos, a energia de origem fóssil se torna um recurso vital para a produção, assim como o são os recursos terra e água. Relata que os usos dominantes da energia nos Estados Unidos se referem a combustíveis para movimentar maquinaria agrícola e a matéria prima para produzir fertilizantes e pesticidas. Os pesticidas são obtidos a partir do petróleo, enquanto os fertilizantes de nitrogênio são produzidos a partir de gás natural.

Hunt (1986) afirmou que mais da metade da potência requerida nas propriedades agrícolas é consumida pelas operações de preparo de solo.

De acordo com Smith & Fornstron (1980), as medições de consumo de energia em vários implementos fornecem bases para a sua seleção e dos sistemas de cultivo. O plantio direto ou alguma combinação de cultivo mínimo e controle químico de plantas daninhas oferecem economia de energia no campo para o caso do cultivo de trigo.

Bertol & Fisher (1997) realizaram estudos em agroecossistema soja com o objetivo de avaliar diferentes sistemas de preparo conservacionista de solo. Os resultados demonstraram que a semeadura direta teve o menor custo energético, devido a menor demanda de serviços de máquina e mão-de-obra.

Para Mello (1986), a quantificação de modelos qualitativos dá condição à identificação de desperdícios de energia, de componentes que podem ser substituídos por outros de maior eficiência energética ou simplesmente eliminados, ou seja, de interferir na estrutura do sistema para torná-lo mais eficiente energeticamente. Na mesma linha de raciocínio, Comitê (1993) afirmou que a análise energética é importante porque possibilita estimar a energia investida, compreender os fluxos de energia, identificar os pontos de desperdícios energéticos e os componentes que podem ser substituídos por outros de maior eficiência.

Dada essa necessária reflexão, relativa à dependência e à demanda energéticas envolvidas nos agroecossistemas, é mister citar Bueno et al. (2000) ao apresentar o “balanço energético” como um instrumento destinado a contabilizar as energias produzidas e as energias consumidas em um determinado sistema de produção, onde o seu objetivo principal é traduzir em unidades ou equivalentes energéticos as exigências físicas do sistema produtivo e os consumos intermediários, possibilitando a construção de indicadores comparáveis entre si, que permitam a intervenção no sistema produtivo, visando melhorar sua eficiência.

Conseqüentemente, Bueno (2002) afirma em seu estudo sobre a eficiência cultural de um agroecossistema milho a necessidade da mensuração de índices capazes de captar as diversas relações de fluxos de energia num sistema agrícola e, que, esta abordagem energética complementa de maneira singular, juntamente com outras abordagens (social, cultural, política, dentre outras), análises mais aprofundadas sobre os agroecossistemas, principalmente no tocante ao item sustentabilidade.

4.2 Análise energética

A análise energética quantifica, de maneira estimada, a energia diretamente consumida e/ou indiretamente utilizada (como parte integrante do fluxo energético global), em pontos previamente estabelecidos de um determinado sistema produtivo (HESLES, 1981). É um processo de avaliação das “entradas” (*inputs*) e “saídas” (*outputs*) de energia de agroecossistemas, para posterior e concomitante interação com análises em outros campos do conhecimento (BUENO, 2002).

4.2.1 Classificação das energias

Para realizarmos análises energéticas é necessário classificá-las, pois a origem e a forma de utilização da energia nos agroecossistemas apresentam-se de maneira diferenciada. Levando em consideração, fundamentalmente, a energia em seus fluxos, a classificação das energias dá-se da seguinte forma:

- Energias renováveis e não-renováveis

A FAO (1976) classificou os recursos energéticos em renováveis e não renováveis. São eles:

- Recursos energéticos renováveis: compreendem os produtos originários do processo fotossintético, como biomassa em geral, lenha e dejetos agrícolas; energia solar, hídrica, eólica, das marés e geotérmica;
- Recursos energéticos não renováveis: combustíveis fósseis, tais como: carvão mineral, petróleo e gás natural, e os combustíveis nucleares.

A FAO assinalou, ainda, a conveniência de estabelecer outra diferença entre os recursos energéticos, ou seja:

- Recursos energéticos comerciais: combustível fóssil, eólica, hídrica, das marés, geotérmica, além daquela resultante da conversão da energia solar em energia mecânica ou elétrica, assim como produtos florestais se convertidos em carvão e dejetos agrícolas, quando utilizados na produção de combustível; a lenha, os resíduos agrícolas e dejetos animais, quando consumidos diretamente como combustível; e, o combustível nuclear;
- Recursos energéticos não comerciais: a energia humana e animal.

- Em função de seu destino ou utilização

Junqueira et al. (1982) consideraram os recursos energéticos em função de seu destino ou utilização. Assim, de acordo com os autores:

- Energia não utilizada diretamente no agroecossistema: energia para o bem estar dos agricultores e agricultoras e energia contida nas operações pós-colheita;
- Energia utilizada diretamente no processo, mas que não é convertida em energia do produto final: trabalho realizado pelos agricultores e agricultoras, animais de trabalho, máquinas e equipamentos; combustíveis; agrotóxicos etc; ou seja, a energia que não vai fazer parte do produto;
- Energia utilizada e convertida de maneira direta em produto final: energia solar, energia contida nos nutrientes do solo, nos adubos e nos alimentos, quando se tratar de animais.

- Segundo a forma que se apresentam na natureza

Macedônio & Picchioni (1985) consideraram os recursos energéticos segundo a forma como se apresentam na natureza. Assim, de acordo com os autores:

- Energia primária: “(...) as fontes provindas pela natureza na sua forma direta, como a energia luminosa provinda do sol, a energia química provinda do petróleo, a energia mecânica provinda do vento ou da água, e outras”;
- Energia secundária: “(...) é considerada como aquela derivada da energia primária que passa por um centro de transformação, (...) como no caso do óleo diesel que é energia química secundária, derivada da energia química primária do petróleo, encontrado na natureza.”

- Segundo a origem

Carmo & Comitre (1991) consideraram os recursos energéticos segundo a sua origem. Assim, de acordo com os autores:

- Energia de origem biológica: fazem parte dessa categoria a energia humana, animal, resíduo de animais e da agroindústria, material genético de propagação, alimentos para os animais, adubação verde e cobertura morta;
- Energia de origem fóssil: os produtos e subprodutos do petróleo, como combustíveis, lubrificantes, graxa, adubos químicos e agrotóxicos;
- Energia de origem industrial: fazem parte desta categoria a energia contida nos tratores e equipamentos agrícolas (tração mecânica e animal) e energia elétrica.

4.2.2 Os fluxos de energia

Malassis (1973) considerou que os fluxos de energia existentes no processo de produção agrícola são três: fluxos externos, internos e perdidos ou reciclados.

Na utilização deste mesmo marco referencial, Comitre (1993) afirma que existem dificuldades práticas para a quantificação do fluxo perdido ou reciclado, assim como compensações entre as energias perdidas e as recicladas. Para a autora, o fluxo externo é aquele aplicado aos ecossistemas agrícolas, constituindo-se de dois tipos básicos de energia, a saber: energia direta e energia indireta. O fluxo interno é a energia contida na produção, ou seja, gerada pelo próprio ecossistema agrícola. O Fluxo perdido ou reciclado é formado pelas energias não utilizadas durante o processo produtivo, mais aquelas não aproveitadas pelo homem.

Ulbanere (1988) analisando energeticamente a cultura de milho no Estado de São Paulo classificou os fluxos energéticos em energias direta e indireta. A energia direta é o conteúdo energético dos combustíveis e lubrificantes. A energia indireta: o conteúdo dos demais insumos e maquinaria, tais como: sementes, corretivos, fertilizantes, agrotóxicos, tratores, colheitadeiras, implementos e equipamentos. O trabalho humano não foi contabilizado em seu trabalho.

Para Bueno (2002), as análises de fluxos energéticos devem se dar em nível de ecossistemas; isto é, enfoques de avaliação da estabilidade de agroecossistemas pelas entradas de energia associadas às suas saídas, em forma de calor e biomassa produzida. Baseou os seus estudos na classificação de fluxos energéticos adotada por Comitre (1993), em que as formas de entrada de energia no agroecossistema como mão-de-obra, sementes e trabalho animal, são de origem biológica; óleo diesel, lubrificantes e graxa, são de origem fóssil; e, que, ambas: biológica e fóssil, são consideradas energia do tipo direta. Máquinas, implementos, corretivo de solo, adubos químicos e agrotóxicos foram considerados formas de energia de origem industrial do tipo indireta.

Zanini et al (2003) afirmaram que a maioria dos autores que trabalham com balanço energético de sistemas agrícolas classificam a energia consumida no processo produtivo, também, sob duas formas: direta e indireta (DOERING III et al., 1977; CASTANHO FILHO & CHABARIBERY, 1983; COMITRE, 1993; e, CAMPOS, 2001). A

energia direta utilizada no processo produtivo inclui o combustível fóssil utilizado e outras formas de energia derivadas do petróleo, tais como aquelas contidas nos lubrificantes, nos adubos e nos defensivos agrícolas.

Os autores também afirmaram que, para um estudo completo da energia investida, deve-se considerar as energias de origem biológica, como os trabalhos humano e animal e aquela contida nas sementes e mudas. A energia indireta utilizada na agricultura é aquela empregada na fabricação de maquinários, de construções e de outros *inputs* necessários à produção.

- Composição dos fluxos de energia

A composição dos fluxos de energia segue a orientação de Castanho Filho & Chabaribery (1983). Os fluxos são estimados conforme se pode observar nos subitens a seguir:

- Energia Injetada na Agricultura (EIA) ou Fluxo Externo

A energia injetada na agricultura (EIA) e/ou fluxo externo, nas operações de produção, é constituída basicamente pelas energias direta e indireta.

A energia direta (EDir) é constituída de energia biológica (EBio), obtida no trabalho humano e animal e nas sementes e mudas, energia fóssil (EFos) do petróleo e energia hidroelétrica (EEl).

A energia indireta (EInd) é a energia utilizada na construção de imóveis e fabricação de equipamentos agrícolas, sendo estimada pela “depreciação energética”, segundo os dias de utilização e em função da vida útil desses bens. Devendo constar, também, os adubos, corretivos e agrotóxicos.

- Energia Produzida pela Agricultura (EPA) ou Fluxo Interno

A energia produzida pela agricultura (EPA) e/ou fluxo interno, é iniciada pela absorção da energia solar, indo até a utilização, pelo consumidor, dos diferentes produtos obtidos, passando por uma série de transformações bioquímicas. Na base do processo encontra-se um vegetal, captador de energia solar, que, pela fotossíntese, converte essa energia em energia utilizável pela transformação de matéria mineral em matéria orgânica. Ou seja, a energia produzida pela agricultura é o resultado composto das energias finais de origem primária (EPrim), produzidas pelos vegetais, e das energias de origem secundária, produzidas pelos animais (ESec), constituindo-se na energia final aproveitável da agricultura ou energia agrícola (EFA).

- O Fluxo Perdido ou Reciclado

O Fluxo Perdido ou Reciclado é formado pelas energias não utilizadas durante o processo produtivo, mais aquelas não aproveitadas pelo homem.

4.2.3 Índices energéticos ou calóricos

Recomenda-se a construção de índices energéticos no sentido de mensurar e comparar relações e grandezas que “entram” e “saem” de agroecossistemas (MELLO, 1986).

Para Hart (1980) são dois os tipos de “entradas” energéticas nos agroecossistemas: energia em forma de radiação solar e energia contida nos insumos culturais. As “saídas” energéticas são aquelas provenientes de lavouras ou animais.

Segundo Bueno (2002), os índices mais utilizados na literatura são eficiência e produtividade cultural, e eficiência e produtividade ecológica. A diferença entre eles se caracteriza pela inclusão ou não da radiação solar como insumo energético a ser contabilizado nos agroecossistemas. Para o autor, foi necessário delimitar o sistema

consumidor de energia, optando-se pela não inclusão dos dados de incidência solar, face à dificuldades de obtenção de dados mais precisos e, também, a sua consideração como fonte gratuita de energia.

Vários são os autores que optaram pela não observação da incidência solar em seus trabalhos. São eles: Pimentel et al. (1973), Heichel (1973), Leach (1976), Cox & Hartkins (1979), Hart (1980), Pimentel (1980), Palma & Adams (1984), Quesada et al. (1987), Ulbanere (1988), Beber (1989), Pellizi (1992), Comitre (1993), Campos et al. (2000), Campos (2001), e, Pinto (2002). Este trabalho segue esta mesma linha de raciocínio.

As equações, para obtenção dos índices, são as seguintes:

a. Eficiência cultural:

$$\text{“saídas” úteis} \times \text{“entradas” culturais}^{-1}$$

b. Produtividade cultural:

$$\text{quantidade física do produto} \times \text{“entradas” culturais}^{-1}$$

c. Eficiência ecológica:

$$\text{“saídas” úteis} \times (\text{radiação solar} + \text{“entradas” culturais})^{-1}$$

d. Produtividade ecológica:

$$\text{quantidade física do produto} \times (\text{radiação solar} + \text{“entradas” culturais})^{-1}$$

As saídas úteis, entradas culturais e radiação solar são expressos em unidades energéticas (Mcal; Kcal; Joule) e a quantidade do produto em unidade de massa (kg).

Bueno (2002), a partir de outros trabalhos, acrescenta outro índice que apresenta o desempenho energético de um agroecossistema, representando a diferença entre a

energia útil que deixa o agroecossistema e a energia cultural que entra no processo, denominado de energia cultural líquida. A equação, para obtenção do índice citado, é a seguinte:

a. Energia cultural líquida:

“saídas” úteis - “entradas” culturais

Segundo Risoud (1999), outros dois índices avançam em direção à relação entre sustentabilidade e análises energéticas de explorações agrícolas, captando o uso de energias renováveis no agroecossistema. São eles: balanço energético e eficiência energética. As equações que os representam são as seguintes:

a. Balanço energético:

Σ energias totais - Σ das “entradas” de energias não-renováveis

b. Eficiência energética:

Σ energias totais x Σ das “entradas” de energias não-renováveis⁻¹

4.2.4 Índices de desempenho energético

Segundo Pinto (2002), através da relação EFA/EIA pode-se avaliar como a agricultura transforma a energia externa em energia aproveitável. Outro índice para aferição do desempenho energético dos sistemas agrícolas, que mede o rendimento do processo biológico agrícola ou a eficiência da transformação energética, é obtido a partir da relação Eprim/EFA.

É possível conhecer também o saldo energético pela diferença entre a EFA e a EIA. Decompondo a EIA em energia biológica, energia fóssil e energia industrial é

possível determinar as quantidades de energia renovável e não-renovável aplicadas na agricultura.

4.2.5 Delimitação da matriz energética

Como a análise energética quantifica a energia diretamente consumida e a indiretamente utilizada em pontos previamente estabelecidos de um determinado sistema produtivo, torna-se necessária a definição da matriz energética: “entradas” (*inputs*) e “saídas” (*outputs*) de energia, no agroecossistema em estudo.

Para Bueno (2002), uma vez escolhidos os índices a serem utilizados, a definição das “entradas” e “saídas” de energia do agroecossistema tem início pela descrição e quantificação das exigências físicas do sistema produtivo, isto é, as unidades de massa, volume e tempo (quilogramas, litros, horas de trabalho etc), que devem ser correlacionadas às unidades dimensionais de área (metro, hectare, alqueire etc). A partir de então, os índices obtidos devem ser convertidos em unidades ou coeficientes energéticos e incluídos nos fluxos de energia estabelecidos, determinando, assim, a matriz energética do agroecossistema estudado.

Adotado este procedimento, a seguir serão expostos os conteúdos energéticos dos componentes das “entradas” e “saídas”, assim como a opção utilizada para a construção da matriz energética do agroecossistema objeto deste estudo.

- Entradas energéticas

As formas de “entrada de energia” (*inputs*) que compõem a matriz energética deste estudo são as seguintes: mão-de-obra, sementes e trabalho animal (origem biológica); óleo diesel, lubrificantes e graxa (origem fóssil); ambas as origens: biológica e fóssil, são consideradas energia de entrada do tipo direta. As máquinas, implementos, corretivos de solo, fertilizantes químicos e agrotóxicos são consideradas formas de entrada de

energia de origem industrial do tipo indireta. Consequentemente, as energias direta e indireta, somadas, compõem o fluxo externo (EIA) das operações de produção desta matriz energética.

- Energia direta de origem biológica

- Mão-de-Obra

Zanini et al. (2003) e Campos et al. (1998) utilizaram o mesmo valor energético para o trabalho humano na agricultura. O valor considerado foi o do consumo médio de $2.196,60 \text{ J x h}^{-1}$, para a energia empregada na produção de silagem.

Campos & Campos (2004) questionaram a lógica de se buscar uma conversão do trabalho humano para unidades de energia. Citaram que o consumo de energia pelo trabalho humano é uma parte interessante no contexto dos balanços energéticos da produção agrícola, porém controvertida, uma vez que os autores na área, muitas vezes, possuem idéias e argumentos diferenciados; entretanto, os mesmos afirmam que medidas da energia proveniente de mão-de-obra têm sido vastamente utilizadas devido ao valor de energia intrínseco que o trabalho muscular possui, ao conteúdo energético do alimento consumido pelo trabalhador, e a mão-de-obra, que em muitos casos, é substituída por outras fontes de entrada (*inputs*) de energia do sistema produtivo.

Bueno (2002) em trabalho exaustivo na busca de referenciais energéticos para a conversão do trabalho humano, citou inúmeras referências de autores nacionais e estrangeiros, não encontrando consenso. Para ele toda a variação observada nos coeficientes referentes ao gasto calórico do trabalho humano, no agroecossistema, deriva da aplicação de diferentes metodologias e análises, quando da sua quantificação.

O autor ressalta, ainda, autores que mensuraram esse gasto calórico com exclusividade à fase de trabalho (valores mais inferiores). Outros que incluíram atividades extra-laborativas, e outros que incorporaram o GER (Gasto Energético no Repouso). Além daqueles que incluíram outras variáveis (o custo energético da produção e reprodução da força-de-trabalho em várias escalas e limites). Somada a estas variações, existem outras dentro do próprio grupo de trabalhadores de uma mesma atividade, de culturas e localidades

diferentes. Devido a isto, Bueno (2002) conclui: quanto mais próximos da realidade e detalhados forem os cálculos, maior exatidão apresentarão os coeficientes energéticos relativos ao dispêndio calórico do trabalho humano.

Nesse sentido, este trabalho optou pelo chamado método de análise simplificado, utilizado por Bueno (2002), baseado em Carvalho et al. (1974), onde a análise do dispêndio energético do trabalho humano é realizada com base nos efetivos tempos gastos, em número de horas, nas diferentes operações ou ocupações profissionais do indivíduo. O mesmo sucedendo com o tempo de trabalho e ocupações não profissionais, tais como: tempo de sono, refeições, higiene, deslocamentos, entretenimento etc. Essa análise é efetivada através de coleta de dados (massa, gênero, altura e idade) e utilização de valores referentes à duração média das principais ocupações dos trabalhadores, objeto do estudo.

- Sementes

Bueno (2002) registrou inúmeros trabalhos na literatura que consideram a energia imputada no material de propagação, particularmente sementes, como superior ao registrado pelo produto final (grãos, por exemplo), baseado nos maiores custos energéticos na obtenção de sementes melhoradas, ou seja, de mais alta qualidade.

No trabalho clássico de Pimentel et al. (1973) foi quantificado o valor calórico de sementes de milho híbrido em $7.936,65 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$, referente ao dobro do custo energético do grão colhido.

Zanini et al. (2003), em análise do consumo de energia na produção de silagem de milho em plantio direto, considerou o valor de $3.691,94 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$, baseado em Campos et al. (1998), ao qual atribuiu à semente, para produção de silagem de milho, o valor energético correspondente à energia fóssil aplicada em sua produção, seu processamento e seu transporte.

Segundo Bueno (2002), os valores correspondentes à coeficientes energéticos da semente de milho divergem muito. Os coeficientes variam entre 3.400 e 7.500 $\text{kcal} \times \text{kg}^{-1}$, o que o levou a considerar o índice proposto por Pimentel et al. (1973) de $7.936,65 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$, uma referência mundial, muito próximo ao de Beber (1989) de 7.750 kcal por

quilograma de semente de milho híbrido, que é uma compilação de dados nacionais. Portanto, o valor adotado por Bueno (2002) será o mesmo neste estudo.

- Energia direta de origem fóssil

- Óleo diesel, óleo lubrificante e graxa

Zanini et al. (2003) adotaram os coeficientes energéticos sugeridos por Comitre (1993), a saber: óleo diesel, $38.534,64 \text{ MJ x l}^{-1}$; lubrificantes, $35.940,56 \text{ MJ x l}^{-1}$; e, graxa, $39.036,72 \text{ MJ x l}^{-1}$.

Campos (2001) apontou a necessidade de acrescentar 14% ao poder calorífico dos combustíveis, face aos custos energéticos para seus processamentos. Para tanto, foram adotados os valores energéticos citados no Balanço Energético Nacional (BRASIL, 1999), onde o índice energético do óleo diesel é $9.160 \text{ kcal x l}^{-1}$, que multiplicado por 1,14, resultou no valor de $10.442,4 \text{ kcal x l}^{-1}$. Os coeficientes dos óleos lubrificantes e da graxa foram considerados $9.420 \text{ kcal x l}^{-1}$ e $10.361,52 \text{ kcal x l}^{-1}$, respectivamente. Para fins deste estudo, estes últimos valores é que serão levados em consideração.

- Energia indireta de origem industrial

- Máquinas e implementos

Campos (2001) e Zanini et al. (2003), para a obtenção de valores energéticos contidos nas máquinas, equipamentos e implementos agrícolas, utilizaram metodologia desenvolvida por Doering III et al. (1977), empregada por diversos autores (SERRA et al., 1979; CASTANHO FILHO & CHABARIBERY, 1983; MACEDÔNIO & PICCHIONI, 1985; ULBANERE, 1988; BEBER, 1989; COMITRE, 1993; CAMPOS et al., 2000), que consistiu na aplicação de um método baseado na depreciação energética das máquinas durante a sua vida útil, e com base em suas massas. Os coeficientes adotados foram: tratores e colhedoras: $69,83 \text{ MJ x kg}^{-1}$; outros equipamentos: $57,20 \text{ MJ x kg}^{-1}$.

Semelhantemente, Bueno (2003) adotou o método citado, conforme Comitre (1993). Computou como energia indireta de origem industrial para máquinas, colheitadeira e implementos agrícolas somente a energia relativa ao valor adicionado na fabricação, 5% referente a reparos e um acréscimo de 12% para manutenção. Os coeficientes energéticos para trator e colheitadeira foram $3.494 \text{ Mcal} \times \text{t}^{-1}$ e $3.108 \text{ Mcal} \times \text{t}^{-1}$, respectivamente.

Implementos e outros equipamentos o valor foi de $2.061 \text{ Mcal} \times \text{t}^{-1}$ para aqueles utilizados em todas as operações até o plantio ou semeadura (denominado cultivo primário), e $1.995 \text{ Mcal} \times \text{t}^{-1}$ para as demais operações pós-plantio ou semeadura (cultivo secundário) (DOERING III et al., 1980). Para pneus usou-se o coeficiente de $20.500 \text{ Mcal} \times \text{t}^{-1}$ (DOERING III et al., 1977; CASTANHO FILHO & CHABARIBERY, 1983). A equação utilizada por Comitre (1993) para o cálculo das máquinas e implementos foi a seguinte:

$$a + b + c + d \cdot (\text{vida útil})^{-1}$$

Onde,

a = [massa das máquinas e equipamentos (kg)] x [coeficientes energéticos (MJ)];

b = 5% de “a”;

c = [número de pneus x massa (kg)] x [coeficiente energético de referência (MJ)];

d = 12% de (“a” + “b” + “c”)

Sendo que,

“b”, representa percentual para reparos; e,

“d”, representa percentual para manutenção.

Para fins deste estudo os valores, assim como a equação utilizada serão os da autora Comitre (1993).

- Corretivos de solo, fertilizantes químicos e agrotóxicos

- Corretivos de solo

Para a correção do solo, o corretivo mais utilizado no Brasil é o calcário. No cálculo energético é importante considerar a quantidade utilizada e o significativo conteúdo energético na sua extração, moagem, transporte e aplicação.

Pimentel (1980), utilizando a cal como corretivo de solo, adotou o valor de $315 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$. Quesada et al. (1987) e Beber (1989) utilizaram o mesmo valor, porém para o calcário. Macedônio & Picchioni (1985), calcularam como necessidade energética para o calcário na extração: $9,14 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$, na moagem: $31,80 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$, perfazendo um total de $40,94 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$. O valor calórico, calculado por quilo, aplicado no solo foi de $132,82 \text{ kcal}$.

Campos (2001) considerando que o transporte onera muito energeticamente, definiu para o calcário um valor calórico igual a $54,69 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$, considerando uma distância percorrida de 60 km, ou seja, $0,9115 (\text{kcal} \times \text{kg}^{-1}) \times \text{km}^{-1}$.

Para fins deste estudo o valor adotado foi o mesmo de Bueno (2002): $40 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$.

- Fertilizantes químicos

Os nutrientes comercializados no país vêm agregados sob a forma de matéria seca e misturados entre si. As formulações ofertadas no mercado são comercializadas como fertilizantes contendo “NPK”, e são quantificadas conforme cada elemento, expresso em kg, contido em 100 kg do produto (MACEDÔNIO & PICCHIONI, 1985).

Segundo Campos (2001), os valores dos elementos dos fertilizantes químicos são os seguintes: “N” igual a $73 \text{ MJ} \times \text{kg}^{-1}$; “ P_2O_5 ” igual a $13 \text{ MJ} \times \text{kg}^{-1}$; e, “ K_2O ” igual a $9 \text{ MJ} \times \text{kg}^{-1}$. O autor informa que, para a determinação do conteúdo energético do fertilizante, deve-se multiplicar as quantidades efetivas dos elementos ativos (N, P_2O_5 e K_2O , em kg) pelo valor energético correspondente. Zanini et al. (2003) utilizaram valores semelhantes.

Pimentel et al. (1983) forneceram valores referentes ao custo de 1 kg dos elementos produzidos e processados, tais como: 19.200 kcal de “N”; 3.360 kcal de “ P_2O_5 ”; e, 2.160 kcal de “ K_2O ”.

Bueno (2002) adotou os seguintes índices: 14.930 kcal x kg⁻¹ de “N” (FELIPE JR., 1984); 2.300 kcal x kg⁻¹ de “P₂O₅” (LOCKERETZ, 1980); e, 2.200 kcal x kg⁻¹ de “K₂O” (COX & HARTKINS, 1979 e PELLIZZI, 1992). Portanto, para fins deste estudo, estes valores é que serão adotados.

- Agrotóxicos

Pimentel (1973) definiu o valor de 73.260 kcal x kg⁻¹ para agrotóxicos em geral (herbicidas, inseticidas e fungicidas).

Pimentel (1980) *apud* Mello (2000), sobre as contas ambientais relativas à produção de cana-de-açúcar em São Paulo, adotou os seguintes valores médios para agrotóxicos: herbicidas: 83,09 Mcal x kg⁻¹ e inseticidas: 74,30 Mcal x kg⁻¹, considerando, além da energia para produzir o ingrediente ativo do herbicida, a formulação, embalagem e o seu respectivo transporte.

Pimentel et al (1983), em trabalho comparativo de eficiência energética entre sistemas agrícolas, consideraram para fungicidas o valor de 65,0 Mcal x kg⁻¹.

Carmo & Comitre (1991), baseadas nos dados de Green (1977), consideraram uma média para pesticidas, em geral, no valor de 50,41 Mcal x kg⁻¹.

Comitre (1995), em trabalho sobre a eficiência energética na atividade florestal, considerou os valores calóricos dos inseticidas, formicidas e herbicidas utilizados por Pimentel (1980). No caso dos inseticidas e formicidas foi empregado o valor médio de 44,13 Mcal x kg⁻¹. Para herbicidas o coeficiente médio utilizado foi de 60,82 Mcal x l⁻¹.

Campos (2001), em trabalho sobre sistema intensivo de produção de leite, determinou os coeficientes energéticos dos herbicidas utilizados para coast-cross e alfafa de acordo com seu teor de ingrediente ativo e dose empregada por hectare cultivado. Os valores são os seguintes: Glifosato: 228,0 MJ x kg⁻¹, dose variável; EPTC: 130,0 MJ x kg⁻¹, para uma dose de 7,0 kg x ha⁻¹; Bentazon: 218,0 MJ x kg⁻¹, para uma dose de 2,5 kg x ha⁻¹.

Em análise do consumo de energia na produção de silagem de milho, por plantio direto, Zanini et al (2003) consideraram para herbicidas, no estabelecimento da

cultura, utilizando o herbicida Glifosato, na dose de $3,31 \text{ l x ha}^{-1}$, o valor energético de $631,83 \text{ MJ x kg}^{-1}$. No pós-plantio foi aplicado o herbicida Atrazinax, na dose de $6,01 \text{ l x ha}^{-1}$, com o respectivo valor de $368,82 \text{ MJ x kg}^{-1}$. Para inseticida, cujo produto aplicado foi o Lorsbam 480, na proporção de $1,5 \text{ l x ha}^{-1}$, seu valor correspondente foi de $363,63 \text{ MJ x kg}^{-1}$. Os coeficientes energéticos utilizados pelos autores foram os de Macedônio & Picchioni (1985).

Devem ser levados em consideração, para fins deste estudo, os valores utilizados por Pimentel (1980) para herbicidas: $83,09 \text{ Mcal x kg}^{-1}$ e inseticidas: $74,30 \text{ Mcal x kg}^{-1}$. Para Fungicidas o valor considerado foi de Pimentel et al (1983): $65,0 \text{ Mcal x kg}^{-1}$.

- Saídas energéticas

São consideradas como saídas energéticas (*outputs*) a produção física obtida multiplicada pelo seu valor calórico. Deve-se desconsiderar os “restos culturais”, no computo da produção física, pela sua usual incorporação ao solo e conseqüente reaproveitamento no processo (CASTANHO FILHO & CHABARIBERY, 1982 *apud* BUENO, 2002).

Segundo Bueno (2002), diversos autores referem-se às saídas energéticas contidas nos grãos de milho colhidos, com pequenas variações entre $3.400 \text{ kcal x kg}^{-1}$ e $3.968,32 \text{ kcal x kg}^{-1}$. Em seu trabalho, o autor citado adotou este último valor, baseado em dados de Pimentel et al. (1973), por se tratar de uma referência mundial, o qual também adotamos.

4.2.6 Categoria de abordagem da análise energética em estudo

O estudo de fluxos energéticos no setor agropecuário requer, além da definição dos componentes das “entradas” (*inputs*) e “saídas” (*outputs*) energéticas, uma categorização da sua abordagem, seja ela por produto, por sistema de produção, por propriedade, ou por tamanho de propriedade (BEBER, 1989).

Ampliando tais abordagens, Risoud (1999) *apud* Bueno (2002) afirma que as análises podem ser apresentadas em escalas diferentes: desde uma análise para países como um todo, por cadeias agro-alimentares específicas, propriedades, exploração agrícola, ou por itinerário técnico de produto.

Devido ao fato do presente trabalho realizar análise de um agroecossistema milho, juntamente à agricultura familiar, em assentamento rural no Estado de São Paulo, na COPAVA, objeto, também, de estudo de Bueno (2002), somente com diferenciação no itinerário técnico empregado, procedeu-se aos estudos na categoria de abordagem energética “por produto”, visando posteriores comparações.

4.3 O Plantio Direto

Muzilli (1985) define o Plantio Direto como um processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para se obter uma adequada cobertura e um adequado contato da semente com a terra, evitando a perturbação do solo, onde a superfície sempre recoberta de resíduos (palha) e/ou vegetação, visa a elevação da produtividade, com sustentabilidade ambiental. O controle das plantas daninhas é feito através de métodos químicos, com práticas mecânicas e culturais específicas, utilizando herbicidas.

Historicamente, após o aparecimento de herbicidas de contato na Inglaterra de 1956, o plantio direto entrou em fase experimental em várias partes do mundo. Harry Young foi o primeiro agricultor a iniciar o plantio direto numa fazenda localizada em Hemdon, Kentucky, Estados Unidos, no ano de 1962, dando início a um processo que mudaria os métodos tradicionais de semeadura no mundo (DERPSCH, 1984).

No Brasil, o plantio direto começou a ser implantado a partir de experiências realizadas em 1971 e 1972 pela Missão Agrícola Alemã, junto ao extinto IPEAME/MA - Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária Meridional do Ministério da Agricultura, na localidade de Londrina. Após as bem sucedidas experiências de 1971 com trigo no Norte do Paraná, o IPEAME/MA iniciava, no fim do mesmo ano,

experiências com plantio direto de soja na Estação experimental de Ponta Grossa e, a partir de 1973, com trigo, na mesma localidade (DERPSCH, 1984).

A rápida expansão do sistema de plantio direto no Brasil não decorreu somente dos esforços de pesquisa ou do interesse de empresas privadas. Sob influência de subsídios e facilidades de crédito, proporcionados pelas políticas públicas de modernização da agricultura brasileira, os produtores foram estimulados e encontraram vantagens e benefícios na adoção do sistema. Ressalta-se, porém, o fato de tal expansão ter exigido o desenvolvimento de adequados critérios técnicos e econômicos, objetivando evitar insucessos nas tentativas de sua adoção, cuja evolução pode ser enfatizada, segundo Muzilli (1985), pelo menos sob dois aspectos: como prática das mais eficientes na conservação do solo e pela economia de combustíveis e produtos derivados de petróleo.

O plantio direto no Brasil, na safra de verão (97/98), ocupou uma área superior a 7 milhões de hectares, principalmente nas culturas de soja, milho, feijão e arroz irrigado, o que significa um percentual em torno de 30%, se considerarmos 12 milhões de hectares de soja, 12,5 milhões de hectares de milho, 1 milhão de hectares de arroz irrigado e 1 milhão de hectares de feijão. Além disso, as culturas de inverno, como trigo e cevada, e outros cultivos de verão, como algodão e fumo, também avançam no uso do plantio direto (PEREIRA, 1997).

4.3.1 Características do Plantio Direto

- Manutenção da umidade do solo

A cobertura morta mantida sobre a superfície do terreno atua como agente isolante, impedindo oscilações bruscas na temperatura do solo, reduzindo as perdas por evaporação. Devido a isto, o sistema de plantio direto proporciona maior quantidade de água armazenada no solo e nas raízes das culturas e em maiores profundidades (MUZILLI, 1985).

- Produção de matéria orgânica e aumento da atividade biológica

A manutenção do solo coberto por palha é condição essencial para que o plantio direto proporcione os efeitos desejados nas propriedades químicas do solo, como a elevação da fertilidade, dos teores de matéria orgânica, a capacidade de troca de cátions, além de afetar positivamente o rendimento das culturas.

Os processos de decomposição, formação e mineralização da matéria orgânica do solo são determinados por fatores climáticos, edáficos, ação de microorganismos e animais, os quais são dependentes dos diferentes sistemas de manejo do solo e da intensidade de produção. Após determinado tempo de adoção do plantio direto, alterações na entomofauna terrestre foram constatadas, como o aumento da diversidade de espécies, as quais podem desempenhar importante papel no transporte e reciclagem de nutrientes e matéria orgânica, além de possibilitar o controle biológico (GASSEN, 1996).

- Controle de erosão

O plantio direto pressupõe a existência de adequada quantidade de palha sobre a superfície do solo. Essa cobertura protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, impedindo sua degradação e a formação de camadas compactadas que não deixam a água infiltrar (PEREIRA, 1997).

As principais vantagens do plantio direto se evidenciam em termos de controle da erosão, sendo, a médio e longo prazo, o aspecto mais positivo do sistema. Tomando-se como exemplo áreas de solos argilosos cultivados intensamente com a sucessão trigo-soja, no Paraná, as perdas de solo por erosão podem ser reduzidas em até 90%, quando sistemas tradicionais de cultivo são substituídos pelo plantio direto. No sistema tradicional as perdas por erosão chegam a 60 t/ha (MUZILLI, 1985).

O autor complementa que, além de economia, a redução dessas perdas por erosão assume preponderante importância na diminuição dos efeitos de assoreamento de rios, açudes, represas, bem como na poluição das águas pelo carregamento de terras contendo produtos aplicados nas lavouras.

Segundo Derpsch (1997), menor escoamento superficial significa menor dano por inundação, maior recarga de águas subterrâneas e um meio ambiente mais sadio.

- Rotação de culturas

A rotação de culturas pode ser definida como uma prática agrícola que visa alternar, numa mesma área, diferentes culturas seqüenciais, segundo plano previamente definido. Ao complementar esse raciocínio, Derpsch (1985) considera a rotação de culturas como sendo a sucessão ordenada de diferentes culturas, de modo que não seja implantada no mesmo local a mesma cultura dentro do período de 2 anos.

Segundo Fancelli & Torrado (1985), a rotação de culturas apresenta inúmeras vantagens:

- Contribui para a manutenção e melhoria da fertilidade do solo;
- Contribui significativamente para o controle de pragas, moléstias e plantas daninhas;
- Proporciona a viabilização da diversificação de culturas na propriedade, reduzindo os riscos de insucesso na atividade agrícola;
- Contribui para manutenção e melhoria da produtividade das culturas envolvidas;
- Contribui para a redução dos custos de produção e para conseqüente maximização dos lucros obtidos;
- Promove a ordenação das operações de campo e a utilização racional e eficiente dos fatores de produção envolvidos no processo.

Em trabalhos realizados no estado do Paraná, constatou-se que as maiores produções de soja foram obtidas após aveia preta e, de feijão, após nabo forrageiro e aveia preta. Os autores evidenciaram que a produção de milho, fundamentada no programa de rotação de cultura soja/tremoço/milho, foi de 3.000 kg x ha⁻¹, superior à registrada na rotação milho/pousio/milho, quando não se efetuam adubações nitrogenadas (DERPSCH, 1984).

A determinação de um plano racional de rotação de culturas exige certa experiência por parte do agricultor, além da consideração de alguns princípios científicos básicos relacionados ao desenvolvimento vegetal, objetivando o restabelecimento do equilíbrio biológico debilitado pela monocultura intensiva. A diversificação de culturas, além de propiciar maior aproveitamento do ambiente, induz ao estabelecimento de um sistema eficiente de conservação do solo (FANCELLI & TORRADO, 1985).

- Uso de máquinas e equipamentos

Com a ausência de preparo do solo, não há necessidade de implementos (grades, arados, escarificadores) e de tratores de grande potência. Proporcionalmente, são reduzidas a manutenção e a reposição de peças, bem como o consumo de combustível. As máquinas e implementos indispensáveis para adoção do plantio direto são o trator, o pulverizador de barra com marcadores de linha e máquina apropriada para o plantio (WILES & YAMOAKA, 1981).

- Uso de herbicidas

O plantio direto inicia-se com o adequado controle da vegetação presente antes da semeadura, impedindo a competição das plantas daninhas com a cultura em implantação (FOLONI, 1985).

Herbicidas são produtos químicos que aplicados às plantas, provocam a morte ou a inibição do seu desenvolvimento. Os herbicidas de manejo são utilizados antes da semeadura. Em geral são produtos dessecantes, não seletivos às culturas, aplicados às folhas das plantas em área total, de contato ou sistêmicos, aplicados após a colheita de uma cultura e antes da semeadura da cultura subsequente (RODRIGUES, 1985).

Para controle da vegetação proveniente de sementes deixadas no campo, que poderão emergir junto com a cultura em implantação ou logo após seu estabelecimento, faz-se necessário o emprego de herbicidas pré-emergentes ou de ação residual, seletivos à cultura indesejada, aplicados juntamente com a operação de semeadura ou logo após esta. São

absorvidos pelas sementes das plantas daninhas em processo de germinação; sua persistência no solo é de 6 a 10 semanas, não trazendo riscos subseqüentes, sendo o produto degradado pelos microrganismos do solo (FOLONI, 1985).

4.4 A produção de milho e a importância da agricultura familiar no contexto regional e nacional

A agricultura familiar é a principal geradora de postos de trabalho no meio rural brasileiro. Mesmo dispondo de apenas 30% da área, é responsável por 76,9% do pessoal ocupado. Dos 17,3 milhões de pessoal ocupado na agricultura brasileira, 13.780.201 estão empregados na agricultura familiar. Os agricultores familiares são responsáveis pela contratação de 16,8% (308.097) do total de empregados permanentes do Brasil, enquanto os estabelecimentos patronais contratam 81,7% (1.502.529) (INCRA/FAO, 2000).

O relatório de Guanzioli et al. (1996) salienta que 44,8% do milho produzido no País é cultivado pela agricultura familiar, e que esta organização social de produção ocupa 22% da área total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, englobando cerca de 14 milhões de pessoas, isto é, 59% do pessoal ocupado no setor agrícola. Segundo INCRA/FAO (2000), em 1995 a participação dos estabelecimentos agropecuários familiares no Valor Bruto da Produção (VBP) de milho atingiu 48,6%, quase a metade de todo o VBP do milho produzido no Brasil.

Bergamasco (1993) constata a importância do caráter familiar na agricultura no estado de São Paulo. A autora demonstrou que 54,5% dos estabelecimentos paulistas eram constituídos pelo conjunto de unidades familiares. Esta categoria ocupava 28,8% da área total, abrigando 48,5% do total de pessoal ocupado. Além disso, responsabilizavam-se por 35,1% do valor da produção agropecuária e detinham 43,5% do total de tratores do respectivo estado.

Campos & Bueno (1999) afirmaram que o milho foi responsável por 61,64% da quantidade total colhida de grãos na safra 1995/96, nos estabelecimentos agropecuários do estado de São Paulo. Destes, 38,35% tinham origem em estabelecimentos com área total menor que 100 ha, numa possível proximidade com a agricultura familiar.

Segundo a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI (1999), O estado de São Paulo planta, em média, 1.250.000 ha de milho anualmente, sendo aproximadamente 70% dessa área na safra de verão e 30% na safrinha. Desse montante, aproximadamente 44% da produção é oriunda de pequenas áreas de agricultura familiar.

4.5 Os assentamentos rurais no estado de São Paulo e a produção de milho

Segundo Bergamasco & Norder (2003), diversos levantamentos e estimativas sobre projetos de assentamentos rurais implementados ou em fase de implementação, no estado de São Paulo, indicam que algo em torno de 9,6 mil unidades familiares de produção agropecuária foram criadas no período de 1960 a 1999, incluindo reassentamentos decorrentes da construção de barragens, ocupando uma área de aproximadamente 214 mil ha.

Em pesquisa junto ao INCRA, ITESP e MST, os mesmos autores apontaram a presença de 141 assentamentos rurais no estado de São Paulo, implementados no período de 1981-1999, e organizados nas mais diversas formas e com finalidades variadas, tais como: produção, comercialização e defesa de interesses comuns, abrigando 9.624 famílias.

Muito embora a produção agropecuária em bases familiares continue apresentando grande importância na absorção de mão-de-obra em São Paulo: 61,4% dos estabelecimentos utilizaram apenas trabalho familiar, com a ocupação de 301.890 pessoas em 1995, ou seja, 32,99% do total ocupado, os assentamentos rurais representam, ainda, uma pequena fração da produção familiar no Estado. Porém, sem dúvida, os assentamentos são muito importantes do ponto de vista político, em favor de políticas públicas para a agricultura familiar no País, não esquecendo, também, que em vários casos a implementação dos assentamentos rurais levou a uma significativa alteração das condições locais de produção e a uma redistribuição populacional com elevado impacto econômico e político local e regional (BERGAMASCO & NORDER, 2003).

Sobre essa questão dos impactos causados pelos assentamentos de reforma agrária, Heredia et al. (2002) afirmam que os mesmos modificam consideravelmente a zona rural onde se localizam. Em muitos casos, a criação dos assentamentos resulta em

ampliação das demandas de infra-estrutura (estradas, escolas, postos de saúde, energia elétrica, crédito etc.), e em pressão sobre os poderes públicos locais e estaduais responsáveis pela prestação de vários desses serviços, cuja potencialização relaciona-se com a capacidade organizativa dos assentados e com a conjuntura política local em que se inserem.

A experiência política da luta pela terra produz lideranças, formas de representação, aprendizado sobre a importância das formas organizativas, e sobre sua capacidade de produzir demandas. A existência dos assentamentos de alguma forma modifica a cena política local, dizem Heredia et al (2002).

Com relação à forma social-organizativa de produção, no conjunto dos assentamentos rurais do estado, constatou-se no período dos anos 97/98 que grande parte das famílias (68,88%) está envolvida em algum tipo de organização, verificando uma predominância de grupos informais (126), envolvendo a participação de 1.276 famílias (22,60%). Há também 43 associações envolvendo 773 famílias (13,69%). E ainda, do total das famílias envolvidas em algum tipo de organização, quase um terço pertence às 25 cooperativas em funcionamento. Dados estes que apontam a presença relativamente importante de formas de organização entre as famílias assentadas, em contraposição à forma individual (ITESP, 1998a).

Ainda, segundo a mesma pesquisa do ITESP, a principal finalidade das organizações existentes nos assentamentos é a produção (52,06%), seguida da prestação de serviços (22,68%). A comercialização é considerada prioritária para apenas 7,73% das organizações e somente 5,67% assumem um papel político de defesa dos interesses comuns.

Com um sistema diversificado, composto de 93 espécies diferentes de cultivo e 7 diversos tipos de criações, e, em que pese os assentamentos ocuparem apenas 0,4% da área total agriculturável e responderem por 1,82% das unidades de produção agrícola do estado, os mesmos indicaram uma importante participação na área plantada paulista nas safras de 96/97: 5,04% da área de mandioca, 5,83% da área de feijão de inverno, 3,87% da área de feijão da seca, 1,35% da área de algodão, 2,24% da área de milho, e, 4,46% do rebanho leiteiro estadual (ITESP, 1998b).

Na safra 97/98, a participação de alguns produtos na área plantada paulista foi: 11,68% da área de mamona, 8,47% da área de mandioca com destino industrial,

4,64% da área de feijão da seca, 3,12% da área de algodão, 2,31% da área de feijão das águas, 1,64% da área de milho, e, 5,19% de feijão de inverno (ITESP, 1998b).

Neste mesmo estudo feito pelo ITESP, referente à safra 97/98, o milho esteve entre as culturas que mais se destacaram nos assentamentos rurais do estado de São Paulo, seja pela área ocupada ou pelo número de famílias envolvidas, com uma área ocupada de 11.446 ha e um número de 2.864 produtores envolvidos com essa cultura anual, correspondendo a 39,40 % da área total das culturas anuais e presente em mais de 50% dos lotes.

4.5.1 Fazenda Pirituba

A Fazenda Pirituba, com 17.500 ha, localizada nos municípios de Itapeva e Itaberá, no sudoeste estado de São Paulo, pertenceu a Companhia Agropecuária Angatuba. Em 1950, a fazenda foi cedida aos bancos oficiais do estado para pagamento das dívidas da Companhia (BERGAMASCO & NORDER, 2003; FERNANDES, 1996).

Durante esta década, o então governador Ademar de Barros utiliza a fazenda para implementar um programa de introdução da cultura de trigo na agricultura paulista. Desenvolve-se então um programa de colonização, de cunho privado, que não se concretizou na prática.

Em 1960, no governo de Carvalho Pinto, as terras foram requeridas novamente para o estado, por meio da lei de Revisão Agrária; mas, somente em 1973 foi iniciado um outro programa de colonização conhecido por Pirituba I, onde a gleba foi dividida em 181 lotes de até 40 ha cada um. Devido às irregularidades promovidas na distribuição dos lotes, a proposta inicial não foi cumprida, estimulando a perpetuação de conflito agrário na região.

No início dos anos 80, um grupo de 40 famílias ocupa uma parte ociosa da fazenda, mas logo é despejado. Era o início da formação do Projeto Pirituba II, que somente em 1984, com sentença judicial a favor do estado, possibilita o desenvolvimento do projeto. As terras foram inicialmente divididas em duas áreas (área I com 2.511 ha e área II com 1.341 ha), onde foram assentadas 180 famílias.

Em fevereiro de 1986, aconteceu uma nova ocupação com 106 famílias da região de Itapeva que foram assentadas emergencialmente, em dezembro do mesmo ano, numa área de 870 ha. Esse processo de formação da área III foi bastante lento, e somente em 1996 se completou o módulo de 17 ha para cada família.

A área IV, por sua vez, teve início em outubro de 1989, quando 150 pessoas, constituídas por filhos e parentes dos trabalhadores já assentados, ocuparam a área. Essa área passou um ano e nove meses em fase de acampamento, sem perspectivas, até que saiu a primeira área emergencial, que foi de 89,6 ha. para 48 famílias (BERGAMASCO & NORDER, 2003).

Em abril de 1992 ocorre nova ocupação e, como resultado forma-se a área V com um total de 807,71 ha. Iniciou-se como uma área emergencial com 44 famílias.

A área VI inicia o seu processo de organização em dezembro de 1994, quando 150 famílias ocupam mais uma área da Pirituba. E, depois de terem sido despejadas muitas vezes, acabaram assentadas em uma área emergencial. É a única área que ainda se encontra nesta situação.

Em 15 anos (1981-1996), os seis grupos conquistaram 6.500 ha da fazenda Pirituba, finalizando o processo de territorialização da conquista da terra. O remanescente da área da Pirituba é constituído por reservas, mananciais e terras de pequenos proprietários (FERNANDES, 1996).

A base da produção nas cooperativas e mesmo dos demais assentados em Pirituba é o feijão e o milho, explorados comercialmente, e o arroz para consumo. Todas as áreas possuem pecuária de leite e a produção, majoritariamente, é para consumo interno entre os cooperados. Existem, ainda, aqueles que comercializam com cooperativas de leite da região. Também há investimentos em pecuária de corte, como a área V que investiu em melhoramento de gado. O mel é outra atividade presente na região. No caso da soja, as cooperativas possuem mais condições de desenvolver uma produção satisfatória por disporem de uma área maior e equipamentos adequados. (SANTOS & FERRANTE, 2003; BERGAMASCO et al, 2003).

A diversificação, característica da agricultura familiar, manifesta-se de forma menos intensa do que em outros assentamentos, devido ao predomínio da produção

comercial de grãos. A fruticultura e a olericultura vêm crescendo nos últimos anos (SANTOS & FERRANTE, 2003).

Quanto ao trabalho, detecta-se toda uma teia de relações, de troca de serviços ou de prestação de serviços entre os individuais e as cooperativas (BERGAMASCO & NORDER, 2003).

- Área III e COPAVA

A conquista da Área III deu-se de maneira mais lenta que as anteriores (Áreas I e II). Estrategicamente, a organização da produção na área emergente foi coletiva, em função da pouca disponibilidade de terra, de capital por família, e para não enfraquecer a luta pela conquista do resto da área (BERGAMASCO & NORDER, 2003).

Esta área possui duas agrovilas onde mora a maioria dos assentados, em número de 66 famílias¹. Apresenta um grupo de produção coletiva com 8 famílias, funcionando com trabalho familiar e capital comum, e uma cooperativa de produção coletiva: Cooperativa de Produção Agropecuária Vó Aparecida – COPAVA, onde as famílias associadas possuem capital e terra comum. Os demais assentados da área trabalham individualmente.

A COPAVA conta hoje² com 31 famílias participantes e o trabalho é organizado por setor, ou seja, adota-se a divisão técnica de trabalho, sendo permitida a mobilidade de um setor para outro, desde que haja consenso entre os associados. Estatutariamente, a cooperativa permite que 3 membros se associem individualmente por família, ou seja, os benefícios são para os cooperados e não suas famílias. O pagamento é feito de acordo com as horas trabalhadas. Além disso, existe um adiantamento mensal que cada cooperado tem direito, além da cota de gêneros de subsistência como leite, feijão, mel, arroz e carne.

Ainda, segundo dados da COPAVA, a mesma produz para consumo próprio e comercialização: grãos (soja, milho, feijão e arroz), bovinos para corte, suínos e

¹ Dados da COPAVA, 2005

² Idem.

apicultura. E, somente para consumo próprio: leite, caprinos e olericultura (hortas comunitária e de plantas medicinais). A cooperativa também possui um mercado, uma lanchonete e uma padaria para atender os cooperados e a população em geral.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido na Área III do Projeto de Assentamento de Trabalhadores Rurais Pirituba II, em uma gleba de 139,2 ha, situado no município de Itaberá, no sul do Estado de São Paulo, na área de gestão da Cooperativa de Produção Agropecuária Vó Aparecida - COPAVA, que tem características peculiares como a gestão e trabalho agrícola processados coletivamente, contando com 31 famílias participantes.

O trabalho foi realizado em um agrossistema de milho, no sistema de plantio direto, fazendo-se uma análise energética destinada a quantificar todas as operações realizadas, a partir das exigências físicas dos fatores de produção, dos insumos utilizados e dos grãos produzidos, classificando-os em seus respectivos fluxos, a partir da definição das “entradas” e “saídas” de energia do agroecossistema, traduzindo-os em equivalentes energéticos e determinando, assim, a matriz energética do agroecossistema.

Os índices calóricos utilizados foram os de eficiência cultural (“saídas” úteis x “entradas” culturais⁻¹) e energia cultural líquida (“saídas” úteis - “entradas” culturais).

Os itens da matriz energética utilizada foram os seguintes:

- Entradas de energia (*inputs*): mão-de-obra e/ou trabalho humano, sementes (origem biológica); óleo diesel, lubrificantes e graxa (origem fóssil); ambas as origens: biológica e fóssil, serão consideradas energia de entrada do tipo Direta. As máquinas, implementos, corretivos de solo, fertilizantes químicos e agrotóxicos serão consideradas formas de entrada de energia de origem industrial do tipo Indireta.

- Saídas de energia (*outputs*): grãos de milho colhidos.

Os valores calóricos observados nas entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) da matriz energética são embasados e justificados na revisão de literatura.

Os dados foram coletados a partir das cadernetas de controle da produção da prestação de contas da safra do ano agrícola 1999/00.

Outro fator importante desta escolha se deu pelo fato de comparação com dados já existentes em Bueno (2002), que realizou sua pesquisa com o agroecossistema milho, no mesmo ano agrícola (1999/00), na mesma área citada, com duas glebas (135,52 ha), no sistema de plantio convencional.

A pesquisa de campo seguiu a seguinte sistemática:

1) Local: COPAVA
Agroecossistema: milho
Ano agrícola: 1999/2000
Área total cultivada: 352,0 ha.
Gleba de estudo III: 139,2 ha.
Produção: 1.044.000 kg (17.500 sc).
Produtividade: 7.500 kg/ha (125 sc/ha).

2) Reconstituição do itinerário técnico do agroecossistema milho

a.1 Relatos orais

a.2 Planilhas

a.3 Cadernetas de campo

b) número de operações (rubricas operacionais)

b.1 Cultivo primário (até a semeadura)

b.2 Cultivo secundário (pós-plantio)

3) Detalhamento das operações:

a) Tipos de máquinas com suas especificações, peso unitário (kgf), vida útil (anos) e horas de uso por ano.

b) Implementos utilizados e suas especificações, peso unitário (kgf), vida útil (anos) e horas de uso por ano.

c) Pneus: peso (kgf).

d) Massa dos contrapesos “Standard” (STD) de tratores agrícolas (modelo, número, forma e/ou localização e peso unitário (kgf).

e) Insumos usados (quantidade e especificações dos produtos).

f) Consumos (combustível, lubrificantes e graxas).

g) Mão-de-obra envolvida [gênero, idade (anos completos), massa (kg), altura (cm)].

A reconstituição do itinerário técnico do agroecossistema milho em questão foi feita através de cadernetas de campo arquivadas na cooperativa. Foram oito operações: calagem, aplicação de herbicida (manejo), semeadura e adubação, aplicação de herbicida (pós-emergente), adubação de cobertura, aplicação de inseticida, colheita mecanizada e transporte interno (realizado na implantação, desenvolvimento e parte final da cultura).

Todas as operações estão detalhadas conforme demonstra o plano de pesquisa realizado em campo. A unidade energética utilizada foi o Joule (J), de acordo com o sistema internacional. O índice de 0,24 foi adotado para a conversão de Joule (J) em caloria

(cal), e o índice de 4,16667 para a conversão de caloria (cal) em Joule (J), sendo que na apresentação final dos dados, os resultados foram aproximados em duas casas decimais.

5.1 Entradas energéticas

5.1.1 Energia direta de origem biológica

- Mão-de-Obra

O cálculo da energia investida pelos agricultores nas diversas operações que caracterizaram o itinerário técnico, foram baseados nas informações oriundas das cadernetas de anotações da cooperativa e entrevistas realizadas com os próprios trabalhadores, anotados em formulário próprio, apontando o gênero, massa, altura, idade de cada um, associando-se à operação desenvolvida.

Na posse dos dados, foi determinado o gasto de energia no repouso (GER) ou metabolismo basal (MB) de cada agricultor por intermédio da equação a seguir. A mesma é expressa em kcal, necessitando de conversão posterior à MJ.

Como somente trabalharam homens nas operações do sistema estudado, a equação utilizada é somente a de gênero masculino:

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

Sendo:

P = massa, em kg;

A = altura, em cm; e,

I = idade, em anos completos.

A metodologia utilizada divide o período do dia (24 horas) em três frações ou períodos, segundo o modo de ocupação em número de horas, onde somente o

tempo de trabalho varia: tempo do sono (2/6 do GER 24 h), tempo de trabalho (X/6 do GER 24 h) e tempo de ocupações não-profissionais (3/6 do GER 24 h)

Quando o período de trabalho excede 8 horas deve-se retirar o tempo daquele reservado às ocupações não-profissionais, preservando o período de repouso.

Como as operações e seus detalhamentos exigem níveis diferentes de dispêndio energético, adotou-se os valores apresentados por Bueno (2002), para as atividades similares proposta por Carvalho et al (1974), exposto na tabela a seguir:

Tabela 1 – Comparativo de dispêndio de energia de agricultores por tipo de trabalho agrícola, em fração correspondente ao GER, em ordem crescente.

Tipo de trabalho		Dispêndio de energia
Carvalho et al. (1974)	Comparativo dos agricultores (BUENO, 2002)	
Condução de trator	Condução de trator, colheitadeira e caminhão	3/6 do GER 24 h
Atomização com canhão	Plantio e adubação	5/6 do GER 24 h
Empa (carpa)	Adubação de cobertura	6/6 do GER 24 h
Atomização com equipamento dorsal, poda	Transporte de sementes e adubos	7/6 do GER 24 h
Colocação de tutores e empar, aplicação de herbicida (pulverizador de dorso), plantio de batatas.	Aplicação de calcário	8/6 do GER 24 h

Fonte: Carvalho et al. (1974) e dados da pesquisa de campo de Bueno (2002).

- Sementes

O material utilizado foi a semente 909 Agroceres, na quantidade de 15,2 kg x ha⁻¹. O valor energético adotado por quilo de semente de milho foi de 7.936,65 kcal.

5.1.2 Energia direta de origem fóssil

- Óleo diesel, óleo lubrificante e graxa

O consumo de óleo diesel foi determinado pelas cadernetas de campo, utilizando 14% como fator de insumo-produção para o poder calorífico do óleo diesel obtendo-se o coeficiente energético de 10.442,4 kcal x l⁻¹. Gastou-se 55,59 litros por hectare deste combustível.

O consumo de lubrificantes e graxas, após consulta às cadernetas de campo da cooperativa, demonstrou-se ser igual aos de Bueno (2002), devido às máquinas e implementos utilizados nas operações do plantio direto serem os mesmos utilizados pela cooperativa nas operações do plantio convencional estudados pelo mesmo autor, exceto os implementos usados nas operações de subsolagem e gradagem que não foram realizadas no sistema estudado. Devido a isto, os valores dos pontos de engraxamento e lubrificação utilizados neste estudo são os mesmos do autor citado, e os coeficientes energéticos adotados são: 9.420 kcal x l⁻¹ para os óleos lubrificantes e 10.361,52 kcal x kg⁻¹ para a graxa.

5.1.3 Energia indireta de origem industrial

- Máquinas e implementos

Três modelos de tratores Valmet foram utilizados durante o itinerário técnico: 785, 980 4X4 turbo e 985S, com potências diferenciadas entre cada um. São os

mesmos tratores utilizados no plantio convencional estudado por Bueno (2002), portanto a depreciação energética será considerada a mesma. Também, além das máquinas e seus contrapesos, o caminhão Mercedes Bens 1113 e os implementos utilizados foram os mesmos, exceto os implementos utilizados nas operações de subsolagem e gradagem niveladora.

- Corretivos de solo

Foram gastos 29.000 kg de calcário dolomítico na calagem da área em estudo (139,2 ha); portanto, foram utilizados 208,33 kg de calcário por hectare. Foi adotado o equivalente energético do calcário no valor de 40 kcal x ha⁻¹.

- Fertilizantes químicos

Foram utilizados 23.200 kg de adubo químico (NPK), juntamente com a semeadura, na proporção 8:20:20; portanto, foram utilizados 166,67 kg x ha⁻¹.

Na cobertura foram utilizados 26.100 kg de sulfato de amônio (N), sendo gastos 187,5 kg x ha⁻¹.

Os equivalentes energéticos adotados são os seguintes: 14.930 kcal x kg⁻¹ de “N”; 2.300 kcal x kg⁻¹ de “P₂O₅”; e, 2.200 kcal x kg⁻¹ de “K₂O”. Porém, seguindo a linha adotada por Bueno (2002), na conversão das unidades físicas de N total, P₂O₅ e K₂O em equivalentes energéticos, acrescentou-se 0,50 MJ x kg⁻¹ de fertilizantes aplicados, referente ao transporte marítimo, face ao volume das importações dos adubos, que é representativo.

- Agrotóxicos

Foram utilizados 580 litros de herbicida Roudup para manejo (pré-semeadura), sendo gastos 2,083 kg x ha⁻¹. Os herbicidas pós-emergentes Sansan e Atrasina

foram utilizados na seguinte proporção: 58 l e 290 l, respectivamente. Seus gastos por hectare são os seguintes: Sansan: $0,404 \text{ kg x ha}^{-1}$, e Atrásina: $1,979 \text{ kg x ha}^{-1}$

Foram, também, utilizados 19 l de fungicida Furadan, correspondendo a $0,136 \text{ kg x ha}^{-1}$; e, 17,4 l de inseticida Valon, correspondendo a $0,097 \text{ kg x ha}^{-1}$

5.2 Saídas energéticas (úteis)

Foram consideradas como saídas energéticas (*outputs*) a produção física obtida multiplicada pelo seu valor calórico ($3.968,32 \text{ kcal x kg}^{-1}$). Foram desconsiderados os restos culturais, no computo da produção física, pela sua usual incorporação ao solo e conseqüente reaproveitamento no processo.

A produção física do agroecossistema milho estudado foi 17.500 sacas de 60 kg cada ($1.044.000 \text{ kg}$) em 139,2 ha; isto é, por hectare a produtividade foi 125 sacas ou 7.500 kg .

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como a análise energética quantificou a energia diretamente consumida e a indiretamente utilizada nos pontos previamente estabelecidos do sistema produtivo em estudo, inicialmente os resultados foram apresentados conforme a divisão da matriz energética: “entradas” (*inputs*) e “saídas” (*outputs*) de energia.

As entradas energéticas foram classificadas por Tipo (direta e indireta), Fonte (biológica, fóssil e industrial), e Forma (mão-de-obra, sementes, combustível, lubrificantes, graxa, máquinas e implementos, corretivos, fertilizantes e agrotóxicos).

A discussão dos mesmos foi apresentada em três momentos: após a apresentação dos resultados, separadamente, o da matriz energética, e, outro, após a apresentação conjunta com os resultados obtidos por Bueno (2002), que realizou seus estudos no mesmo local (Área III/COPAVA) e período (safra 1999/2000), mas com o sistema convencional.

6.1 Entradas energéticas

6.1.1 Energia direta de origem biológica

Considerou-se como energia direta de origem biológica, da matriz energética do agroecossistema milho estudado, os *inputs*: mão-de-obra e sementes. Seus respectivos resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Entrada de energia tipo direta, fonte biológica, na formas: mão-de-obra e sementes, em MJ x ha⁻¹, e sua respectiva participação percentual por fonte e tipo.

ENERGIA DIRETA	Entradas culturais	%	%
Fonte biológica	MJ x ha⁻¹	fonte	tipo
Mão-de-obra	10,25	2,00	0,35
Sementes	503,97	98,00	17,00
Total	514,22	100,00	17,35

Fonte: Dados da pesquisa de campo

Os dispêndios energéticos relativos à mão-de-obra, na fonte biológica de entradas, foram baixos (2% da fonte biológica e 0,12% da matriz energética) devido à reduzida participação da mesma no sistema de plantio direto. Foram computados, apenas, 6 trabalhadores que trabalharam nesta safra. Suas funções foram as seguintes: tratorista, ajudante, operador e motorista, realizadas nas operações de aplicação de calcário, de agrotóxicos, semeadura/adubação, transporte interno de insumos e pós-colheita, adubação de cobertura e colheita.

Já o dispêndio energético relativo ao material de propagação foi significativo, devido ao alto coeficiente energético das sementes, representando o maior *input*

da fonte biológica: 98%, e no total gasto em energia direta: 17%. No computo geral da matriz energética representou 5,85%.

6.1.2 Energia direta de origem fóssil

Considerou-se como energia direta de origem fóssil, da matriz energética do agroecossistema milho estudado, os *inputs*: óleo diesel, óleo lubrificante e graxa. Seus respectivos resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Entrada de energia tipo direta, fonte fóssil, na formas: óleo diesel, óleo lubrificante e graxa, em MJ x ha⁻¹, e sua respectiva participação percentual por fonte e tipo.

ENERGIA DIRETA	Entradas culturais	%	%
Fonte fóssil	MJ x ha⁻¹	fonte	tipo
Óleo diesel	2.418,68	98,68	81,57
Óleo lubrificante	14,34	0,59	0,48
Graxa	17,97	0,73	0,61
Total	2.450,99	100,00	82,66

Fonte: Dados da pesquisa de campo

Como evidenciado na Tabela 3, o óleo diesel apresentou consumo e energia consideravelmente maior que os demais insumos fósseis: 98,68%.

Mesmo com relação ao tipo direto de energia, o óleo diesel representou a maior participação: 81,57%, obviamente pela dependência que o sistema tem do combustível, pois todas as operações do itinerário técnico estudado são motomecanizadas, utilizando tratores e caminhão. O que, por sua vez, confirma a baixa participação energética da mão-de-obra no sistema.

Nas entradas energéticas do sistema, o combustível também teve grande representatividade: 28,06%, sendo menor, apenas, que as entradas de fertilizantes (44,42%).

Já os demais insumos fósseis (lubrificantes e graxa), suas participações na matriz energética são insignificantes, totalizando 0,37%.

6.1.3 - Energia indireta de origem industrial

Considerou-se como energia indireta de origem industrial, da matriz energética do agroecossistema milho estudado, os *inputs*: máquinas, implementos, corretivos de solo, fertilizantes químicos e agrotóxicos. Seus respectivos resultados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Entrada de energia tipo indireta, fonte industrial, na formas: máquinas, implementos, corretivos de solo, fertilizantes químicos e agrotóxicos, em MJ x ha⁻¹, e sua respectiva participação percentual por fonte e tipo.

ENERGIA INDIRETA	Entradas culturais	%
Fonte industrial	MJ x ha⁻¹	fonte e tipo
Máquinas e implementos	177,88	3,15
Calcário	34,72	0,61
Fertilizantes químicos	3.828,93	67,71
- P ₂ O ₅	326,65	8,53
- K ₂ O	319,91	5,66
- Nitrogenados	3.182,37	56,28
Agrotóxicos	1.612,99	28,53
Total	5.654,52	100,00

Fonte: Dados da pesquisa de campo

A contribuição do dispêndio energético dos fertilizantes químicos foi determinante para o elevado consumo energético na matriz do agroecossistema estudado: 44,42%. Deste percentual, os nitrogenados representam a maior parte: 83%, confirmando, assim, a tendência de outros trabalhos que demonstram a dependência energética dos agroecossistemas de produtos químicos industriais.

O dispêndio energético dos agrotóxicos contribuiu, também, significadamente nas entradas de energia do agroecossistema. Sua participação nas entradas indiretas foi de 28,53%, enquanto que nas entradas totais sua contribuição foi de 18,71%.

Ambas as formas de entradas: fertilizantes e agrotóxicos são responsáveis pelo maior dispêndio energético do sistema: 63,13%, confirmando-os como grande diferencial na matriz energética.

Já os dispêndios energéticos das máquinas e implementos, calculados a partir de suas depreciações energéticas, foram baixos, representando, apenas 2,6% no computo geral da matriz energética.

O dispêndio energético do calcário, por sua vez, mostrou-se muito aquém do que vem sendo aferido em outros trabalhos: 34,72 MJ x ha⁻¹ (Campos, 2001: 572,5 MJ x ha⁻¹; Bueno, 2002: 413,2 MJ x ha⁻¹).

6.1.4 – Total de entradas culturais

Tabela 5 – Total de entradas de energia: tipo direta e indireta, em MJ x ha⁻¹, e participação percentual.

ENTRADAS CULTURAIS			
		MJ x ha⁻¹	%
DIRETA		2.965,21	34,40
- Biológica	514,22	5,97	
- Fóssil	2.450,99	28,43	
INDIRETA		5.654,52	65,60
- Industrial	5.654,52	65,60	
Total		8.619,73	100,00

Fonte: Dados da pesquisa de campo

Conforme pode ser observado na Tabela 5, a participação da energia proveniente de fonte industrial predominou sobre as energias de fonte fóssil e biológica, sendo, nesta última, muito mais significativo. Tal resultado explica-se pelo maior utilização de fertilizantes químicos e agrotóxicos no agroecossistema estudado.

6.2 Saídas energéticas (úteis)

A produção física do agroecossistema milho estudado foi 17.500 sacas de 60 kg cada (1.044.000 kg) em 139,2 ha; isto é, por hectare a produtividade foi 125 sacas e 7.500 kg. A totalidade energética da produção foi de 124.008,01 MJ x ha⁻¹.

6.3 Matriz energética do agroecossistema milho

A energia cultural líquida e a eficiência cultural do agroecossistema milho estão apresentadas na tabela 6, através de uma matriz energética onde entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) de energia foram quantificadas e contabilizadas em unidades energéticas.

Tabela 6 – Matriz energética por tipo, fonte e forma, entradas culturais, saídas úteis, energia cultural líquida e eficiência cultural do agroecossistema milho, em MJ x ha⁻¹ e suas devidas participações percentuais.

TIPO, <u>Fonte</u> e <i>forma</i>	Entradas culturais	
	MJ x ha ⁻¹	%
ENERGIA DIRETA	2.965,21	34,40
- <u>Biológica</u>	<u>514,22</u>	<u>5,97</u>
<i>Mão-de-obra</i>	10,25	0,12
<i>Sementes</i>	503,97	5,85
- <u>Fóssil</u>	<u>2.450,99</u>	<u>28,43</u>
<i>Óleo diesel</i>	2.418,68	28,06
<i>Óleo lubrificante</i>	14,34	0,16
<i>Graxa</i>	17,97	0,21
ENERGIA INDIRETA	5.654,52	65,60
- <u>Industrial</u>	<u>5.654,52</u>	<u>65,60</u>
<i>Máquinas e implementos</i>	177,88	2,06
<i>Calcário</i>	34,72	0,40
<i>Fertilizantes químicos</i>	3.828,93	44,42
<i>Agrotóxicos</i>	1.612,99	18,71
ENTRADAS CULTURAIS	8.619,73	100,00
SAÍDAS ÚTEIS	124.008,01	
ENERGIA CULTURAL LÍQUIDA	115.388,28	
EFICIÊNCIA CULTURAL	14,39	

Fonte: Dados da pesquisa de campo

É perceptível a predominância da energia do tipo indireta mais a dos combustíveis fósseis no agroecossistema estudado. Isto demonstra a dependência do sistema de fontes de energia química provindas de fertilizantes (44,42%), agrotóxicos (18,71%), e óleo diesel (28,06%).

Os valores energéticos referentes aos tipos de energia direta e indireta, apresentam-se bem díspares. A energia indireta (65,60%) representa quase o dobro da energia direta (34,40%) utilizada no sistema, significando que as fontes energéticas utilizadas no sistema encontram-se pouco equilibradas. Isto é, há pouca contribuição da energia biológica no sistema, demonstrando ser este um sistema bem tecnificado, com pouca utilização de mão-de-obra. Muito embora, o material de propagação híbrido (fonte biológica) apresente um alto dispêndio energético, devido aos gastos na sua produção (PIMENTEL, 1973).

O itinerário técnico composto de calagem, aplicação de herbicida de manejo, semeadura e adubação, adubação de cobertura, aplicação de herbicida pós-emergência, fungicidas e inseticidas, colheita mecanizada e transporte, produziu uma eficiência cultural de 14,39. Isto é, para cada unidade de energia aplicada na produção do milho obteve-se em 13,39 unidades, subtraindo-se a unidade investida. Também a energia cultural líquida, ligada à produtividade do agroecossistema atingiu 115.388,28 MJ x ha⁻¹.

6.4 Apresentação e discussão da matriz energética calculada e comparação com a de Bueno (2002).

Além da análise energética do agroecossistema em questão, dada a sua importância, outro fator significativo para a escolha deste estudo se deu pelo fato de possibilitar a comparação dos dados obtidos com o trabalho de Bueno (2002): “Eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá/SP”.

Através da tabela 7 pode-se observar os resultados comparativos das matrizes energéticas nos plantios convencional e direto.

Tabela 7 – Comparação dos resultados obtidos em sistema de plantio direto e convencional

TIPO, Fonte e forma	Entradas culturais Plantio Direto MJ x ha⁻¹	Entradas culturais Plantio convencional MJ x ha⁻¹
ENERGIA DIRETA	2.965,21	4.146,89
- <u>Biológica</u>	<u>514,22</u>	<u>1.035,28</u>
<i>Mão-de-obra</i>	10,25	90,94
<i>Animais de trabalho</i>	-	397,70
<i>Sementes</i>	503,97	546,64
- <u>Fóssil</u>	<u>2.450,99</u>	<u>3.111,61</u>
<i>Óleo diesel</i>	2.418,68	3.047,44
<i>Óleo lubrificante</i>	14,34	36,05
<i>Graxa</i>	17,97	28,12
ENERGIA INDIRETA	5.654,52	4.636,89
- <u>Industrial</u>	<u>5.654,52</u>	<u>4.636,89</u>
<i>Máquinas e implementos</i>	177,88	209,84
<i>Calcário</i>	34,72	413,22
<i>Fertilizantes químicos</i>	3.828,93	4.013,83
<i>Agrotóxicos</i>	1.612,99	-
ENTRADAS CULTURAIS	8.619,73	8.783,78
SAÍDAS ÚTEIS	124.008,01	79.118,38
ENERGIA CULTURAL LÍQUIDA	115.388,28	70.334,60
EFICIÊNCIA CULTURAL	14,39	9,01

Fonte: Dados da pesquisa de campo

Em um primeiro momento percebe-se na fonte biológica, na forma mão-de-obra, uma diferença entre os resultados. Conforme consta nas rubricas operacionais do itinerário técnico estudado por Bueno (2002), contabilizou-se as operações de capina com tração animal e capina manual, mais a mão-de-obra envolvida com as rubricas de subsolagem

e gradagem, que não constam no sistema de plantio direto, e, que, por sua vez, aumentaram a participação do trabalho humano na matriz energética estudada por Bueno (2002). Neste trabalho, a participação da mão-de-obra, em números de agricultores, foi na ordem de 6, enquanto em Bueno (2002), a participação foi de 34 agricultores.

Também, não foi computada na fonte biológica, o item animais de trabalho, sendo em Bueno (2002) igual a 38,41%, do total de dispêndios energéticos diretos (47,21%).

Os materiais de propagação e o item máquinas e implementos, em ambos os trabalhos, apresentaram resultados bem próximos, sendo o primeiro o mais representativo nos dois casos.

Já o óleo diesel, de origem fóssil, nesse estudo, apresentou um dispêndio energético menor, devido ao número inferior de rubricas operacionais realizadas pelo sistema de plantio direto. No plantio convencional, foram realizadas as rubricas de subsolagem e gradagem que se destacam pela utilização intensa de óleo diesel. Portanto, com a ausência da etapa de preparação do solo, dispensa-se, também, a necessidade do uso de implementos (grades, arados, escarificadores), o que, proporcionalmente, reduz a manutenção e a reposição de peças, bem como o consumo de combustível (WILES & YAMOAKA, 1981). Consequentemente, os dispêndios energéticos com lubrificantes e graxas, no agroecossistema estudado, foram inferiores aqueles observados no plantio convencional.

O dispêndio energético do calcário apresentado neste estudo mostrou-se muito aquém do que foi aferido no trabalho de Bueno (2002), demonstrando que há pouca acidez no solo no trabalho em estudo.

Fundamentalmente, a contribuição do dispêndio energético dos fertilizantes químicos foi determinante para o elevado consumo energético das duas matrizes energéticas estudadas, confirmando a tendência observada em outros trabalhos já realizados.

Excepcionalmente, o item agrotóxico não foi utilizado no sistema convencional, o que prejudica em parte a comparação entre os sistemas de plantio estudados.

As entradas culturais em ambos os sistemas praticamente foram as mesmas: 8.619,73 MJ x ha⁻¹ para o plantio direto, e 8.783,78 MJ x ha⁻¹ no plantio convencional. Por outro lado, as saídas úteis não tiveram o mesmo comportamento com 124.008,01 MJ x ha⁻¹ e 79.118,38 MJ x ha⁻¹, respectivamente. Portanto, em que pese uma

participação maior de fonte biológica e do uso mais intenso de máquinas agrícolas motomecanizadas, nos estudos de plantio convencional, a energia cultural líquida foi bem maior no sistema de plantio direto com 115.388,28 MJ x ha⁻¹, se comparado ao sistema convencional representado por 70.334,60 MJ x ha⁻¹.

6.3.1 – Comparação do total de entradas culturais nos dois sistemas

Tabela 8 – Comparação dos resultados das entradas energéticas no plantio direto e convencional, Itaberá/SP (1999/2000).

TIPO	Entradas culturais	Entradas culturais
E	Plantio Direto	Plantio convencional
<u>Fonte</u>	<u>MJ x ha⁻¹</u>	<u>MJ x ha⁻¹</u>
ENERGIA DIRETA	2.965,21	4.146,89
- <u>Biológica</u>	<u>514,22</u>	<u>1.035,28</u>
- <u>Fóssil</u>	<u>2.450,99</u>	<u>3.111,61</u>
ENERGIA INDIRETA	5.654,52	4.636,89
- <u>Industrial</u>	<u>5.654,52</u>	<u>4.636,89</u>

Fonte: Dados da pesquisa de campo

Conforme pode ser observado na Tabela 8, é perceptível a forte dependência dos agroecossistemas estudados de fontes de energia provindas de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, combustíveis fósseis e agrotóxicos.

Há pouca contribuição da energia de fonte biológica em ambos os sistemas, demonstrando serem estes sistemas bem tecnificados, com pouca representatividade energética de mão-de-obra. Muito embora, o material de propagação híbrido (fonte biológica) apresente um alto dispêndio energético em ambas as matrizes, devido aos gastos na sua produção.

As entradas culturais em ambos os sistemas praticamente foram as mesmas: 8.619,73 MJ x ha⁻¹ para o plantio direto, e 8.783,78 MJ x ha⁻¹ no plantio convencional, o que, por sua vez, demonstra que ambos os sistemas são energeticamente semelhantes.

7 CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos e as discussões apresentadas neste trabalho, pode-se destacar as seguintes conclusões:

- 1) Os resultados desta pesquisa demonstraram a dependência do sistema de plantio direto de fontes de energia industrial, provindas de fertilizantes (44,42%) e agrotóxicos (18,71%), e de energia fóssil do óleo diesel (28,06%).
- 2) Os valores energéticos do sistema de plantio direto, referentes aos tipos de energia direta e indireta, apresentaram grandezas distintas, sendo que a energia indireta (65,60%) representou quase o dobro da energia direta (34,40%), significando que as fontes energéticas utilizadas encontram-se pouco equilibradas.
- 3) As entradas culturais em ambos os sistemas praticamente foram as mesmas: 8.619,73 MJ x ha⁻¹ para o plantio direto, e 8.783,78 MJ x ha⁻¹ no plantio convencional, o que, por sua vez, demonstra que ambos os sistemas são energeticamente semelhantes.
- 4) A contribuição do dispêndio energético dos fertilizantes químicos, principalmente os nitrogenados, foi determinante para o elevado consumo energético das duas matrizes energéticas estudadas, confirmando a tendência observada em outros trabalhos já realizados.
- 5) Há pouca contribuição da energia de fonte biológica em ambos os sistemas, demonstrando serem estes sistemas bem tecnificados, com pouca representatividade energética de mão-de-obra.
- 6) Observações realizadas junto a Cooperativa de Produção Agropecuária Vó Aparecida - COPAVA, em 17/09/2005, demonstraram que a mesma não utiliza mais o sistema

convencional, em se tratando do agroecossistema milho; pois, com o sistema de plantio direto, a mesma observou uma maior umidade e qualidade do solo, um menor uso de herbicidas, assim como diminuição dos custos com manutenção de máquinas. Ainda, segundo relatos, o processo erosivo tem diminuído devido à adoção de rotação de culturas. Tem-se observado, também, uma maior produtividade a partir da adoção do novo sistema de plantio.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BERGAMASCO, S. M. P. P. Família e trabalho rural no Brasil e no Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, v. 23, supl. 1, p. 07-16, 1993.

BERGAMASCO, S. M. P. P.; NORDER, L. A. C. *A alternativa dos assentamentos rurais: organização social, trabalho e política*. São Paulo: Terceira Margem, 2003. 191p.

BERTOL, O. J.; FISHER, I. I. Semeadura direta *versus* sistemas de preparo reduzido: efeito na cobertura de solo e no rendimento da cultura da soja. In: *Engenharia Agrícola*, v. 17, n. 2, p. 86-96, 1997.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Balanço energético nacional*. Brasília – DF: MME, 1999. 154p.

BUENO, O. C. *Eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá/SP*. Botucatu, 2002. 147f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

BUENO, O. C.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. de. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: *Avances en ingenieria agrícola*. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomia, 2000. p. 477-82.

CAMPOS, A. T. *Balanço energético relativo à produção de feno de “coast-cross” e alfafa em sistema intensivo de produção de leite*. Botucatu, 2001. 267f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

CAMPOS, A. T.; BUENO, O. C. Produção e armazenamento de grãos em estabelecimentos agropecuários do Estado de São Paulo: importância e distribuição por intervalo de área. *Informações Econômicas*, v. 29, n. 11, p. 7-17, 1999.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. de. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1977-85, nov-dez, 2004.

CAMPOS, A. T.; NOVAES, L. P.; CAMPOS, A. T. de; FERREIRA, W. A.; BUENO, O. C. Balanço energético na produção de silagem de milho em cultivos de verão e inverno com irrigação. In: *Avances en ingenieria agrícola*. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomia, 2000. p. 483-8.

CAMPOS, A. T. de; FERREIRA, W. A.; YAMAGUCHI, L. C. T.; REZENDE, H.; ALMEIDA, F. M. Eficiência energética na produção de silagem de milho. In: *Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 35, 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 293-95.

CARMO, M. S. A produção familiar como *locus* ideal da agricultura sustentável, *Agricultura em São Paulo*, SP, 45(1):1-15, 1998.

CARMO, M. S.; COMITRE, V. Evolução do balanço energético nas culturas de soja e milho no Estado de São Paulo. In: *Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*, 29, 1991, Campinas. *Anais...* Brasília: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1991. p.131-49.

CARMO, M. S.; COMITRE, V.; GABRIEL, L. R. A.; THEMEN, J. I. Eficiência energética na produção agrícola e do refino do óleo de amendoim. In. *Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*, 31, 1993, Ilhéus. *Anais...* Campinas: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1993. p. 605-17.

CARVALHO, S. M. R.; LUCAS JR., J. Balanço energético e potencial de produção de biogás em granja de postura comercial na região de Marília, SP, *Energia na agricultura*, SP, 16(1): 40-61, 2001.

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 – Centro de Estudos de Economia Agrária, 1974. 79p.

CASTANHO FILHO, E. P.; CHABARIBERY, D. Perfil energético da agricultura paulista. *Agric. São Paulo*, v. 30, tomos 1 e 2, p. 63-115, 1983.

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

_____. A eficiência energética na atividade florestal. *Informações Econômicas*, v. 25, n. 10, p. 61-68, 1995.

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. *Cultura do milho*. Campinas: CATI, 1999. 33p. (Boletim técnico, 240).

COX, G. W.; HARTKINS, M. D. Energy costs of agriculture. *Agricultural ecology*, p. 597-629, 1979.

DERPSCH, R. *Histórico, requisitos, importância e outras considerações sobre plantio direto no Brasil*. Campinas: Fundação Corgill, 1984. p. 1-12.

_____. *Agricultura sustentável*. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1997. p. 29-49.

DOERING III, O. C. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: PIMENTEL, D. (Ed). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton, Flórida: CRC Press Inc., 1980. p. 09-14.

DOERING III, O. C.; CONSIDINE, T. J.; HARLING, C.E. *Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis*. Indiana, West Lafayette: Purdue University, 1977. (Agr. Exp. Sta. NSF/RA – 770128).

FAO. *O estado mundial de la agricultura y la alimentacion*. Roma: FAO, 1976. 158p.

FANCELLI, A. L.; TORRADO, P. V. *Alternativas para o sistema de plantio direto no Estado de São Paulo*. Campinas: Fundação Corgill, 1985. p. 190-220.

FELIPE JR., G. Considerações sobre a evolução da indústria de fertilizantes nitrogenados. In: *Simpósio sobre fertilizantes na agricultura brasileira*, 1, 1984, Brasília. *Anais...* Brasília: EMBRAPA-DEP, 1984. p. 21-71

FERNANDES, B. M. *MST – Movimento dos trabalhadores sem terra: formação e territorialização em São Paulo*. São Paulo: HUCITEC, 1996. p. 114-116; 153-157.

FOLONI, L. L. *Controle de ervas daninhas em plantio direto*. Campinas: Fundação Corgill, 1985. 93p.

GASSEN, D. N. *Manejo de pragas associadas à cultura do milho*. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora Ltda, 1996. 134p.

GREEN, M. B. et al. Pesticides and Energy. In: *Chemicals for crop protection and pest control*. London: Pergamon, 1977. p. 23-8.

GUANZIROLI, C. E. (Coord). *Perfil da agricultura familiar no Brasil: dossiê estatístico*. Brasília: INCRA, 1996, 24p.

HART, R. D. Una metodologia para analizar sistemas energia terminos energéticos. In: HART, R. D.; JIMÉNEZ, T; SERPA, R. *Análisis energético de sistemas agrícolas*. Costa Rica: UCR/CATIE, 1980. p. 3-14.

HEICHEL, G. H. *Comparative efficiency to energy use in crop production*. New Haven: The Connecticut Agricultural Experiment Station, 1973. 26p. (Bulletin, 739).

_____. Assessing the fossil energy costs of propagating agricultural crops. In: PIMENTEL, D. (ed.). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1980. p. 27-33.

HEREDIA, Beatriz et al. *Os impactos regionais da reforma agrária: um estudo sobre áreas selecionadas, resumo executivo*. Rio de Janeiro: REDES/ NEAD - IICA, 2002. p. 17-21.

HESLES, J. B. S. *Objetivos e princípios da análise energética, análise de processos industriais, análise energética: métodos e convenções*. Rio de Janeiro: Preprint AIE-COPPE/UFRJ, 1981. 137p.

HUNT, D. *Maquinaria agrícola: rendimento económico, custos, operaciones, potência y selección de equipo*. México: Limusa, 1986. 451p.

INCRA/FAO. *Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto*. Brasília: FAO/INCRA, 2000. 74p. (Projeto de Cooperação Técnica).

ITESP. *Retrato da terra: perfil sócio-econômico dos assentamentos do estado de São Paulo – 96/97*. São Paulo: ITESP, 1998a. 56p. (Série cadernos ITESP/Secretaria da Justiça e da Defesa da Cidadania, 1).

ITESP. *Retrato da terra 97/98: perfil sócio-econômico e balanço da produção agropecuária dos assentamentos rurais do estado de São Paulo*. São Paulo: ITESP, 1998b. 112p. (Série cadernos ITESP/Secretaria da Justiça e da Defesa da Cidadania, 9).

JUNQUEIRA, A. A. B.; CRISCUOLO, P. D.; PINO, F. A. O uso da energia na agricultura paulista. *Agricultura em São Paulo*, v. 29, tomos I e II, p. 55-100, 1982.

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

LOCKERETZ, W. Energy inputs for nitrogen, phosphorus and potash fertilizers. In: PIMENTEL, D. (Ed.). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton, Flórida: CRC Press Inc., 1980. p.23-26.

MACEDÔNIO, A. C.; PICCHIONI, S. A. *Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária*, v. 1. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura, 1985.

MALASSIS, L. *Économie Agro-alimentaire I: Économe de la consommation et de la production agro-alimentaire*. Paris: Cujas, 1973. 437p.

MELLO, R. *Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina*. Florianópolis, 1986. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

MELLO, R. Rumo à sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar em São Paulo: as contas ambientais. *Revista de Administração de Empresas*, v. 40, n. 3, p.74-82, 2000.

MUZILLI, O. *O plantio direto no Brasil*. Campinas: Fundação Corgill, 1985. p. 03-16.

ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986. p. 63-82.

OLIVEIRA, M. D. M.; VEIGA FILHO, A. A.; *Análise de custos e rentabilidade de alternativas de plantio direto e convencional: estudo de caso para um sistema de rotação em São Paulo*. Informações Econômicas, São Paulo, abr. 2002. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=323>>. Acesso em: out. 2005.

PALMA, L.; ADAMS, R. I. Compatibilidade entre eficiência econômica e eficiência energética numa propriedade rural. In: NETTO, A. G.; ELMAR, R. (org.). *Experiência brasileira de pesquisa econômica em energia para o setor rural*. Brasília: EMBRAPA-PNPE/DEP, 1984. p. 55-64.

PASCHOAL, A. D. *Pragas, praguicidas e crise ambiental: problemas e soluções*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas (FGV), 1979. 106p.

PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. *Journal of agricultural engineering Research*, v.52, n.2, p.11-9, 1992.

PEREIRA, M. H. *A Segunda revolução verde*. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1997. p. 25-29

PIMENTEL, D.; BERARDI, G.; FAST, S. Energy efficiency of farming systems: organic and conventional agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 9, p. 359-372, 1983.

PIMENTEL, D.; HURD, L. E.; BELLOTTI, A. C.; FOSTER, M. J.; OKA, I. N.; SHOLES, O. D.; WHITMAN, R. J. Food production and the energy crises. *Science*, v. 182, p. 443-9, 1973.

PIMENTEL, D.; BURGGESS, M. Energy inputs in corn production. In: PIMENTEL, D. (Ed). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton, Flórida: CRC Press Inc., 1980. p.76-84.

PIMENTEL, D. Comparative energy flows in agricultural and natural ecosystems. In: *Seminário Internacional: ecossistemas, alimentos e energia*, 1984, Brasília, 2-6 set. *Anais...* Brasília, FINEP/PNDU/UNESCO, 1984. v. 4, p.75-98.

PINTO, M. S. V. *Análise econômica e energética de sistema agroflorestal para implantação na terra indígena Araribá – Município de Avaí – SP*. Botucatu, 2002. 136f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

QUESADA, G. M.; BEBER, J. A. C.; SOUZA, S. P. Balanços energéticos: uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 39, n. 1, p.20-8, 1987.

RISOUD, B. Développement durable et analyse énergétique de exploitations agricoles. *Économie Rurale*, n. 252, p. 16-27, 1999.

RODRIGUES, B. N. *Utilização de herbicidas em plantio direto*. Campinas: Fundação Corgill, 1985. p. 51-84.

SANTOS, H. P. Conversão e balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas. *Ciência Rural*, v. 31, n. 2, p. 191-98, 2001.

SANTOS, I. P.; FERRANTE, V. L. S. B. *Da terra nua ao prato cheio: produção para consumo familiar nos assentamentos rurais do estado de São Paulo*. Araraquara: Fundação ITESP/UNIARA, 2003. p. 60-63.

SCHROLL, H. Energy-flow and ecological sustainability in Danish agriculture. *Agric., Ecosyst. Environ.*, v. 51, n. 3, p. 301-10, 1994.

SERRA, G. E.; HEEZEN, A. M.; MOREIRA, J. R.; GOLDEMBERG, J. *Avaliação da energia investida na fase agrícola de algumas culturas*. Brasília: Secretaria de Tecnologia Industrial – Ministério da Indústria e Comércio, 1979a. 86p.

SMITH, J. A.; FORNSTON, K. J. Energy requirements of selected dryland wheat cropping systems. *Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)*, v.23, n. 4, p. 822-5, 1980.

ULBANERE, R. C. *Análise de balanços energéticos e econômicos relativa à produção e perdas de grãos de milho no Estado de São Paulo*. Botucatu, 1988. 127f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

VEIGA FILHO, A. A.; OLIVEIRA, M. D. M. *Análise de investimento em plantio direto, para um modelo de sucessão milho-soja, estado de São Paulo*. Informações Econômicas, São Paulo, jun. 2002. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=317>>. Acesso em: out. 2005.

ZANINI, A.; CAMPOS, A. T.; PRESTES, T. M. V.; DALMOLIN, M. F. S.; CAMPOS, A. T. de; KLOSOWSKI, E. S. Análise do consumo de energia na produção de silagem de milho em plantio direto. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 25, n. 2, p. 249-253, 2003.

WILES, J. C.; YAMOAKA, R. S. *Mecanização*. Londrina, PR., 1981. 244p. (Circular IAPAR, 23)