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

ANÁLISE ENERGÉTICA E EFICIÊNCIA CULTURAL DO MILHO EM ASSENTAMENTO RURAL, ITABERÁ / SP

OSMAR DE CARVALHO BUENO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP
Agosto – 2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

ANÁLISE ENERGÉTICA E EFICIÊNCIA CULTURAL DO MILHO EM ASSENTAMENTO RURAL, ITABERÁ / SP

OSMAR DE CARVALHO BUENO

Orientador: Prof. Dr. Elias José Simon

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP

Agosto – 2002

A minha companheira Maria Cristina, pela compreensão e amor; e aos meus filhos, Laís e Lucas, pelo sentido da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade.

Aos meus pais, por permitirem tentar alcançar o que sempre quis. Muita gratidão.

Ao Professor Doutor Elias José Simon, pela orientação nos principais momentos do Doutorado, principalmente durante as tormentas...que não foram poucas. Obrigado.

Ao Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, que ainda teimo em chamá-lo pela denominação anterior de Departamento de Economia e Sociologia, na pessoa de seu Chefe, Professor Doutor Ângelo Cataneo, e à Egrégia Congregação da Faculdade de Ciências Agronômicas, na pessoa de seu Diretor, Professor Doutor Carlos Antonio Gamero, por acreditarem que era possível desenvolver com equilíbrio e competência as atividades de Docência, Pesquisa, Extensão e Gestão juntamente com o Curso de Pós-Graduação. Sou grato.

A todos os colegas Discentes do Curso de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, na figura amiga e responsável de um grande mineiro, Fernando Colen. Pessoa, Cidadão, Engenheiro Agrícola e Mestre como poucos. Um abraço.

A todos os colegas Docentes do Curso de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, na pessoa do Professor Doutor Adriano Wagner Ballarin, do Departamento de Engenharia Rural. Dedicação, competência e compreensão são seu forte. Um exemplo.

Aos colegas de Departamento, Professores Doutores Isabel Cristina Takitane, Maura Tsutsui Esperancini e José Matheus Yalenti Perosa, pela amizade, sinceridade e apoio. Em especial, sempre, à Professora Doutora Izabel de Carvalho. Aos funcionários Anselmo Ribeiro e Marcos Tavares. Meu muito obrigado.

Ao Professor Doutor Flávio Abranches Pinheiro, pela confiança.

À Professora Doutora Sonia Maria Pereira Pessoa Bergamasco, pela compreensão. Sou muito agradecido.

À todos aqueles que de uma ou outra forma contribuíram para a realização de todo o Curso de Pós-Graduação, em especial deste trabalho. Agradeço e homenageio o Professor e Engenheiro Agrônomo Arnaldo Sardemberg, a Professora Doutora Maria Antonieta Barros Leite Carvalhaes (Neneca) e a Professora Ana Cristina Novelli Silveira.

Ao meu Apoio Incondicional na língua inglesa, Andréa Bertini Aversa. Professora de inglês e de vida.

À Seção de Pós Graduação. Obrigado Marlene, Marilene e Jaqueline.

Aos membros da Banca Examinadora que se dispuseram em oferecer a maior, a melhor contribuição a este trabalho. Muito obrigado.

Aos agricultores e agricultoras familiares assentados pelo Brasil, na figura das batalhadoras e batalhadores que integram e integraram a Copava. O meu País e não apenas eu devemos render homenagens à vocês. Eu as rendo...com orgulho.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE QUADROS..... X

LISTA DE FIGURAS..... XIV

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS..... XV

1 RESUMO..... 1

2 SUMMARY..... 3

3 INTRODUÇÃO..... 5

4 REVISÃO DE LITERATURA..... 9

4.1 Classificação das energias..... 11

4.2 Análise energética..... 15

4.3 Matriz energética..... 18

4.3.1 “Entradas” energéticas..... 19

4.3.1.1 Mão-de-obra..... 20

4.3.1.2 Sementes..... 28

4.3.1.3 Animais de trabalho..... 30

4.3.1.4 Combustível, óleo lubrificante e graxa..... 33

4.3.1.5 Máquinas e implementos..... 34

4.3.1.6 Corretivo de solo e fertilizantes químicos..... 38

4.3.1.6.1 Corretivo de solo..... 38

4.3.1.6.2 Fertilizantes químicos..... 40

4.3.2 “Saídas” energéticas..... 45

continua...

Continuação do Sumário.

4.4 Categorias de análise energética..... 48

4.4.1 Por produto..... 49

4.4.2 Por sistema de produção..... 58

4.4.3 Por propriedade..... 61

4.4.4 Por tamanho de propriedade..... 62

4.5 A importância do agroecossistema milho..... 64

4.5.1 Em nível mundial..... 64

4.5.2 No Brasil e na agricultura familiar..... 65

4.5.3 No Estado de São Paulo..... 66

4.5.4 Nos assentamentos rurais paulistas..... 67

4.6 Infra-estrutura e organização dos assentamentos rurais no Estado de São Paulo..... 69

4.7 A demanda por terra no Brasil..... 71

5 MATERIAL E MÉTODOS..... 73

5.1 Mão-de-obra..... 76

5.2 Sementes..... 80

5.3 Animais de trabalho..... 81

5.4 Combustível, óleo lubrificante e graxa..... 81

5.5 Máquinas e implementos..... 81

5.6 Corretivo de solo e fertilizantes químicos..... 85

5.6.1 Corretivo de solo..... 85

continua...

Continuação do Sumário.

5.6.2 Fertilizantes químicos..... 85

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 88

6.1 Operações do itinerário técnico..... 88

6.1.1 Subsolagem..... 88

6.1.2 Calagem..... 89

6.1.3 Gradagem..... 91

6.1.4 Semeadura e adubação..... 92

6.1.5 Adubação em cobertura..... 94

6.1.6 Capina com tração animal..... 95

6.1.7 Capina manual..... 95

6.1.8 Colheita..... 96

6.1.9 Transporte..... 98

6.2 Matriz energética do agroecossistema milho..... 100

7 CONCLUSÕES..... 105

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 111

APÊNDICE..... 133

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Produção mundial de milho em grão, safras 1996/1997 a 2000/2001, em t x 10^6.....	65
2	Produtividade do milho, Brasil e Estado de São Paulo, 1996 a 2001, em kg x ha^{-1}.....	67
3	Distribuição percentual de máquinas agrícolas, animais de trabalho e implementos de tração animal nos assentamentos rurais do estado de São Paulo, safra 1996/1997.....	69
4	Área cultivada pela Copava, por produto, ano agrícola 1999/2000, em ha.....	74
5	Gleba, área, produção e produtividade do agroecossistema milho de mesmo itinerário técnico. Copava, safra 1999/2000.....	75
6	Dispêndio de energia de agricultores por tipo de trabalho agrícola, em fração correspondente ao GER.....	78
7	Comparativo de dispêndio de energia de agricultores por tipo de trabalho agrícola, em fração correspondente ao GER, em ordem crescente.....	79
8	Procedimento de cálculo das necessidades calóricas referentes a 24 horas para o agricultor estudado.....	80

9	Porcentagem média de importação de alguns fertilizantes no Brasil, 1999/2000.....	86
10	Valor calórico total por hectare dos insumos utilizados no agroecossistema milho. Copava, ano agrícola 1999/2000.....	87
11	"Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de subsolagem.....	89
12	"Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de calagem.....	90
13	"Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de gradagem.....	91
14	"Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de semeadura e adubação.....	92
15	"Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de cobertura.....	94
16	"Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de capina com tração animal...	95
17	"Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de capina manual.....	96
18	"Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de colheita.....	97

19 "Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de transporte..... 98

20 Participação das operações do itinerário técnico do agroecossistema milho em MJ x ha^{-1}. Copava, ano agrícola 1999/2000..... 100

21 Estrutura de dispêndios, por tipo, fonte e forma; "entradas" culturais, "saídas" úteis, energia cultural líquida e eficiência cultural do agroecossistema milho cultivado em área da Copava, Fazenda Pirituba – Itaberá/SP, safra 1999/2000, em MJ x ha^{-1}..... 101

1A Jornada de trabalho; coeficientes de tempo de operação; mão-de-obra utilizada; modelo de máquina e/ou implemento; consumos de óleo Diesel, lubrificante e graxa; e outros dados de referência por operação do itinerário técnico do agroecossistema milho cultivado pela Copava, por hectare, safra 1999/2000..... 134

2A Massa, altura, idade e GER dos agricultores e agricultoras envolvidos nas operações do itinerário técnico do agroecossistema milho. Copava, ano agrícola 1999/2000..... 137

3A Peso de embarque dos tratores e peso das demais máquinas implementos e pneus utilizados no agroecossistema milho. Copava, safra 1999/2000..... 139

4A Massa dos contrapesos “standard” (STD) de tratores agrícolas Valtra (Valmet)..... 140

5A Quantidade de pontos de engraxamento, momento e número de injeções por maquinário, implemento e equipamento utilizados no itinerário técnico do agroecossistema milho. Copava, ano agrícola 1999/2000..... 141

6A Locais de lubrificação, volume utilizado, especificação do lubrificante e momento de troca por trator usado no itinerário técnico do agroecossistema milho. Copava, ano agrícola 1999/2000..... 142

7A Vida útil e horas por ano de máquinas e implementos agrícolas..... 143

8A Jornada de trabalho; coeficientes de tempo de operação; mão-de-obra utilizada; modelo de máquina e implemento e consumos de óleo Diesel, lubrificante e graxa nas gradagens realizadas no itinerário técnico do agroecossistema milho cultivado pela Copava, safra 1999/2000..... 144

9A “Entrada” de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na 1ª gradagem..... 145

10A “Entrada” de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na 2ª gradagem..... 146

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Participação, por hectare, das operações do itinerário técnico no agroecossistema milho. Copava, ano agrícola 1999/2000.....	99
2	Participação, por hectare, das diversas fontes de energia no agroecossistema milho. Copava, safra 1999/2000.....	102
3	Participação, por hectare, das várias formas de energia no agroecossistema milho. Copava, ano agrícola 1999/2000.....	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

alq	alqueire
BEN	Balanço Energético Nacional
C.N.E.E.M.A.	Centre National d´Étude et Experimentation du Machinisme Agricole
Copava	Cooperativa de Produção Agropecuária "Vó Aparecida"
DEE	Demanda Específica de Energia
EFA	Energia Final Aproveitável
EIA	Energia Injetada na Agricultura
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRATER	Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural
GER	Gasto Energético no Repouso
ha	hectare
IEA	Instituto de Economia Agrícola da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo
INCAP-CINDN	Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá – Comite Interdepartamental de Nutrición para la Despensa Nacional
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
ITESP	Instituto de Terras do Estado de São Paulo "José Gomes da Silva" da Secretaria da Justiça e da Defesa da Cidadania
K	potássio
K_2O	óxido de potássio

continua...

Continuação da Lista de Abreviaturas e Símbolos.

MB	Metabolismo Basal

N	nitrogênio total
P	fósforo
P_2O_5	pentóxido de fósforo
pH	potencial hidrogeniônico
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio
S	enxofre
SAF	Sistema Agroflorestal
sc	sacas de 60 quilos
SP	Estado de São Paulo
STD	standard
USDA	United States Department of Agriculture
VBP	Valor Bruto da Produção
Σ	somatório

1 RESUMO

O objetivo da agricultura é produzir alimentos e matérias-primas na qual a energia utilizada é fundamental. Análises energéticas de culturas revestem-se de igual importância às demais, sendo talvez aquela que traduz de forma privilegiada situações de maneira mais estrutural. Os agroecossistemas podem ser analisados e expressos sob a ótica energética e a determinação de índices que os avaliem devem merecer tratamento especial, visto que o itinerário técnico da cultura em termos de utilização de energia define graus de dependência com determinados sistemas produtivos. Do ponto de vista energético, gargalos de difícil superação não são recomendados e a análise energética, ao determinar índices que relacionam "entradas" e "saídas" de energia, é justificada enquanto instrumento complementar de avaliação. Observou-se a destacada importância da cultura do milho na agricultura brasileira, especialmente nos assentamentos rurais, e sua participação em diferentes formas de organização social da produção, inclusive na exploração agrícola familiar; a significativa demanda por terra no Brasil, expressando situação de relativa abundância de mão-de-obra; e os diversos itinerários técnicos percorridos até a produção final do grão. Assim, o presente trabalho objetivou determinar, a partir de análise energética, o perfil de utilização de energia, a energia cultural líquida e a eficiência cultural do agroecossistema milho cultivado em

assentamento rural do Estado de São Paulo, tendo como hipótese a utilização do modelo agrícola denominado produtivista, onde privilegia-se o uso intensivo de energia não-renovável, em que pese a organização social da produção possuir caráter familiar, forma coletiva de percorrer o itinerário técnico e fundamentar-se numa política de democratização do acesso à terra. A partir de estudos que estabeleceram os mais variados indicadores energéticos, a metodologia usada baseou-se na utilização de coeficientes que melhor se adaptassem a realidade estudada. A eficiência cultural encontrada foi de 9,01, apontando que para cada unidade calórica aplicada no agroecossistema o retorno foi de 8,01 unidades e a energia cultural líquida atingiu 70.658,34 MJ x ha^{-1}. Apresentando os resultados através da estrutura de dispêndios energéticos por tipo, fonte e forma, tem-se que a energia indireta participou com 52,81%; as fontes industrial, fóssil e biológica apresentaram-se divididas em 52,81%, 35,40% e 11,79%, respectivamente. Quanto às formas em que se apresentaram, os fertilizantes químicos contribuíram com 45,72% e o óleo Diesel com 34,67%. Os resultados obtidos espelharam as bases de sustentação da chamada "Revolução Verde", demonstrando assim a utilização de um itinerário técnico, para o agroecossistema milho, dependente de conjunturas externas e fontes de energia não-renováveis.

Palavras-chave: sustentabilidade de agroecossistemas; balanço de energia; conservação de energia; milho; assentamento rural.

ENERGY ANALYSIS AND CULTURAL EFFICIENCY OF THE CORN IN RURAL SETTLEMENT, ITABERÁ / SP. Botucatu, 2002. 146p.

Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: OSMAR DE CARVALHO BUENO

Adviser: ELIAS JOSÉ SIMON

2 SUMMARY

The objective of agriculture is to produce food and raw material in which the energy used is fundamental. Cultures energy analysis is so important as the others, and is possibly the one that translates situations in a more structural form. Agroecosystems can be analyzed and expressed under the energy viewpoint, and the determination of indexes to evaluate them deserves special attention, since the culture technical itinerary related to energy use defines levels of dependence with certain productive systems. From the energy point of view, bottlenecks of difficult surpass are not recommended and the energy analysis, when determining indexes that relate energy input and output, is justified as a complementary tool of evaluation. It was observed the high importance of corn culture in Brazilian agriculture, specially at rural settlements, and its participation in different ways of production social organization, including family agriculture, the significant demand for land in Brazil with relative abundance of labor force, and the different technical itineraries traversed until the final production of grain. The present work aimed to determine through energy analysis the outline of energy use, the culture efficacy and the culture net energy of the agroecosystem corn grown in rural settlement in São Paulo State, having as hypothesis the use of productivist agricultural

model, where the intensive use of non-renewable energy is privileged, in which the familiar production character, collective way to traverse the technical itinerary and the politics of democratization of land access are considered. From studies which established the most varied energy indicators, the methodology used was based on coefficients better adjusted to the reality. The cultural efficiency found was 9.01, showing that for each caloric unit used in the agroecosystem the return was 8.01 units, and the net energy reached 70,658.34 MJ x ha^{-1} . Presenting the results through the structure of energy expenditure by kind, source and form, it was found that the indirect energy participated with 52.81%; the industrial, fossil and biological sources were divided in 52.81%, 35.40% and 11.79%, respectively. As for the forms, the chemical fertilizers contributed with 45.72% and the Diesel with 34.67%. The results showed the support bases of the "Revolução Verde" (Green Revolution), demonstrating the use of a technical itinerary for the agroecosystem corn, dependent on external conjunctures and non-renewable energy sources.

Keywords: agroecosystems sustainability; energy inputs an outputs; energy conservation; corn; rural settlement.

3 INTRODUÇÃO

A viabilidade de um processo produtivo agrícola pode ser avaliada por vários prismas. Atualmente, dá-se ênfase à interrelação dos múltiplos fatores envolvidos nesse processo como um indicativo de eficiência/eficácia ideal.

A análise energética de um determinado sistema agrícola contribui, sobremaneira, para a compreensão não apenas do sistema estudado, mas também da opção de desenvolvimento feita pela sociedade, seus desdobramentos, conseqüências e potenciais alternativas que envolvem o entorno desse sistema.

Historicamente, a utilização intensiva de energia não-renovável em sistemas agrícolas propiciou saltos significativos na produção física de alimentos e matérias-primas, contribuiu para a diminuição da penosidade do trabalho humano em diversas situações e promoveu considerável aumento de renda no setor. Por outro lado, surgiram problemas complexos que, isolados ou em cadeia, vêm transformando a existência humana. Evidenciou-se e agudizou-se então, dentre outras, questões ecológicas, sociais e econômicas.

O estudo de realidades mais específicas, utilizando-se na medida das possibilidades parâmetros menos generalizantes, reveste-se de importância, porque traz à luz diagnósticos regionais e informações detalhadas sem perder, no entanto, interessante potencial problematizador.

Se, por um lado, o objetivo da agricultura é produzir alimentos e matérias-primas essenciais ao bem estar da população, por outro a energia utilizada no

processo aparece como fundamento para a realização plena desse objetivo. Análises energéticas de culturas agrícolas devem revestir-se, portanto, de igual importância comparativamente às demais análises, sendo talvez aquela que traduz de forma privilegiada situações captadas de maneira mais estrutural.

Dessa forma, estabelece-se que agroecossistemas podem, também e complementarmente, ser analisados e expressos sob a ótica energética e, nessa medida, a apresentação de índices que os avaliem deste ponto de vista devem merecer tratamento especial.

A questão principal e norteadora que se coloca para a presente pesquisa é que processos produtivos que se alicerçam numa política de desconcentração fundiária, na qual a organização social e econômica da produção se faz representar pela exploração agrícola familiar e cooperativa, podem estar caminhando no mesmo sentido do modelo até agora hegemônico, que se vem mostrando historicamente pouco compromissado com a sustentabilidade de agroecossistemas.

A hipótese subjacente à pesquisa é que está em curso a continuidade, no agroecossistema estudado, do modelo agrícola denominado produtivista, no qual ocorre intensa utilização de energia não-renovável, particularmente aquelas derivadas do petróleo.

Assim, a partir da constatação da participação da cultura do milho em diferentes formas de organização social da produção, inclusive na exploração agrícola familiar, assentamentos rurais e suas organizações; da significativa demanda por terra no País e a relativa abundância de mão-de-obra que se forma no contexto brasileiro recente; e dos diversos itinerários técnicos percorridos até a produção final do grão, os objetivos deste trabalho são determinar, a partir de análise energética, o perfil de utilização de

energia, a energia cultural líquida e a eficiência cultural do agroecossistema milho cultivado em assentamento rural do Estado de São Paulo.

A opção por analisar uma cultura agrícola no interior de um sistema produtivo pode ligar-se ao momento histórico de determinada categoria social. O desenho do itinerário técnico da cultura em termos de utilização de energia define graus de dependência dessa categoria com determinados sistemas produtivos. Do ponto de vista energético, portanto, não é recomendada uma dependência de fontes de energia não-renováveis que estabeleça limites rígidos em relação à produção física final, ou seja, que possam constituir-se como limitadores junto ao processo de produção agrícola. Novamente a análise energética, ao apresentar índices que relacionam "entradas" e "saídas" de energia no agroecossistema, justifica-se enquanto instrumento complementar de avaliação do processo produtivo.

A cultura do milho tem importância destacada na agricultura brasileira, representando na unidade produtiva desde um cultivo de subsistência e/ou de utilização como insumo até um perfil de produção direcionada exclusivamente para o mercado. Em ambas as situações sua presença é marcante em assentamentos rurais em todo Brasil. De modo mais abrangente, tem-se que o milho é um produto arraigado nas tradições da sociedade brasileira.

A dinâmica dos assentamentos rurais em muito se alicerça na forma de organização social da produção e da comercialização dos produtos. Diversas experiências têm sido observadas, desde formas individuais até formas cooperativas de produção agrícola, estas também heterogêneas.

O governo de São Paulo apontou que, no final da década de 1990, do total de famílias assentadas no Estado e envolvidas em alguma forma de organização, cerca de um terço participava de cooperativas. A Copava (Cooperativa de Produção

Agropecuária “Vó Aparecida”) emerge como uma cooperativa de produção agropecuária localizada em uma das Áreas do Assentamento Pirituba, situado nos municípios de Itapeva e Itaberá, no sudoeste paulista, e insere-se nessa dinâmica através de suas características particulares, entre elas, o fato da gestão e trabalho agrícolas serem processados coletivamente.

Dessa forma, além da peculiaridade na forma de organização social da produção, a opção pelo estudo dos fluxos energéticos de um agroecossistema importante como o milho num assentamento rural e junto à Copava deveu-se às suas características, que permitiram a recuperação e o manuseio de dados significativos, quer através de relatos orais quer, inclusive, por análises de planilhas informatizadas.

Os resultados obtidos permitem subsidiar não apenas ações no interior do agroecossistema, as quais possibilitem utilização mais racional de recursos naturais não-renováveis, particularmente os combustíveis fósseis, como também avaliação acerca do sistema de produção agrícola adotado no assentamento rural.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Ao observar a eficiência de um sistema de produção agrícola geralmente se privilegiam duas abordagens: uma, diz respeito à produção física obtida, ou mesmo sua relação com a área explorada, a produtividade; outra, caminha pela dinâmica econômica, relacionando custos e lucratividade. Ambas, além de serem importantes, se complementam.

Porém outro tipo de abordagem, não de hoje, vem recebendo, ainda que de forma conjuntural, a atenção de pesquisadores e da sociedade em geral. Trata-se da abordagem energética de agroecossistemas, ou seja, a mensuração e construção de índices capazes de captar as diversas relações de fluxos de energia que permeiam determinado sistema agrícola. Tão importante quanto as duas primeiras, a abordagem energética complementa de maneira singular, juntamente com prismas diferenciados (sociais, culturais, político, dentre outros), análises mais aprofundadas sobre os agroecossistemas, principalmente no tocante ao item sustentabilidade.

Becht (1974, p.580), aplica o conceito de sistema como "(...) *um conjunto de componentes que funciona como uma unidade"*. Conceituação simples e objetiva que, levada à produção agrícola, apresenta expressiva complexidade face às diversas interferências ocorridas nesse tipo de sistema, tornando possível, então, seu entendimento como agroecossistema.

Paschoal (1979, p.8), a partir da compreensão de ecossistema *"(...) como as unidades funcionais e estruturais básicas da natureza(...)"*, conceitua agroecossistemas como *"(...) ecossistemas artificiais, implantados pelo homem com o objetivo de obtenção de alimentos, fibras, bebidas, drogas, estimulantes, etc."* (p.10)

Hart (1979, p.4), por sua vez, define agroecossistema como *"(...) o conjunto de populações de plantas que inclui ao menos a de um cultivo, animais e microorganismos que interagem entre si e com o meio ambiente físico"*. O presente trabalho foi permeado por esta definição em função de contemplar, com objetividade, a idéia exposta.

Um dos trabalhos pioneiros na direção de fluxos energéticos e ecossistemas, embora tratando de metabolismo da fauna de solo de floresta, data do início da década de 1930 (Dajoz, 1979).

Na literatura, duas vertentes são apresentadas quando se trata de análises de fluxos energéticos, ou simplesmente análises energéticas. A primeira, vincula-se à estabilidade de ecossistemas, e nela destacam-se autores e trabalhos como Lindeman, apud Vivien (1994), em 1942, e Odum (1957). A segunda vertente relaciona-se a questões de eficiência fotossintética e taxa de produção de biomassa (Loomis & Willians, 1963).

Para os objetivos deste estudo, a atenção voltou-se para a primeira vertente indicada, na qual os autores procuraram estudar o fluxo de energia em nível de ecossistemas. Derivou-se então, segundo Hart (1980), enfoques de avaliação da estabilidade de um agroecossistema pelas "entradas" de energia associadas às suas "saídas", em forma de calor e biomassa produzida.

4.1 Classificação das energias

Uma vez que a origem e a forma de utilização da energia nos agroecossistemas apresentam-se de maneira diferenciada, faz-se necessário classificá-la para que se possa realizar análises energéticas.

Malassis (1973) considerou que os fluxos de energia existentes no processo de produção agrícola são três: “fluxos externos”, “internos” e “perdidos ou reciclados”. Por fluxo externo entende-se a energia injetada no agroecossistema, fluxo interno é a energia contida na própria produção, e por fluxo perdido ou reciclado as energias não aproveitáveis no agroecossistema, podendo ou não ser recicladas (Comitre, 1993).

A FAO (1976) classificou os recursos energéticos em renováveis e não renováveis. Os recursos renováveis compreendem os produtos originários do processo fotossintético, como biomassa em geral, lenha e dejetos agrícolas; energia solar, hídrica, eólica e geotérmica. Os recursos energéticos não renováveis englobam os combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás natural, e os combustíveis nucleares. A instituição assinalou ser conveniente estabelecer diferença entre recursos energéticos comerciais e não comerciais. Os primeiros compreendem os combustíveis fósseis, combustível nuclear, a energia eólica, energia hídrica, energia geotérmica e energia das marés, 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; a energia humana e a energia animal foram considerados recursos energéticos não comerciais.

Foi apresentada por Junqueira et al. (1982) uma classificação da energia consumida nos processos produtivos levando em consideração seu destino ou uso. Um primeiro item dizia respeito à energia não utilizada diretamente no agroecossistema (energia para o bem estar dos agricultores e agricultoras, e energia nas operações pós colheita). O segundo item abarcou a energia usada diretamente no processo, mas que não é convertida em energia do produto final (trabalho realizado pelos agricultores, animais de

trabalho e máquinas e equipamentos; combustíveis; agrotóxicos; etc.), ou seja, que não vai fazer parte do produto. Como terceiro item, o autor considerou a 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).

Macedônio & Picchioni (1985), ao proporem esquema metodológico para a quantificação do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária, classificaram a energia em primária ou secundária, segundo a forma que se apresenta na natureza. Por energia primária, entendem as autoras (p.12) *"(...) 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, por sua vez, *"(...) 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"* .

Ulbanere (1988) classificou as energias em "diretas" e "indiretas", para posterior cálculo de eficiência energética na cultura do milho no Estado de São Paulo. O autor se referiu à energia direta como ao conteúdo energético de combustíveis e lubrificantes; sendo a energia indireta o conteúdo dos demais insumos e maquinaria (sementes, corretivos, fertilizantes, agrotóxicos, tratores, colhedoras, implementos e equipamentos). A energia contida na atividade humana não foi contabilizada.

Carmo (1988) e Carmo & Comitre (1991) categorizaram as energias em três grupos segundo sua origem: "biológica", "fóssil" e "industrial". Dessa forma, energia humana, animal, resíduos de animais e da agroindústria, material genético de propagação, alimentos para os animais, adubação verde e cobertura morta fizeram parte da categoria "biológica". No grupo de energia "fóssil" incluíram-se os produtos e

subprodutos do petróleo, como combustíveis, lubrificantes, graxa, adubos químicos e agrotóxicos. Tratores e equipamentos agrícolas (tração mecânica e animal) e energia elétrica fizeram parte da categoria "industrial".

Comitre (1993) ao proceder à avaliação energética da cadeia produtiva soja na região de Ribeirão Preto-SP, utilizando como marco referencial teórico Malassis (1973), apresentou dois tipos básicos de fluxo externo na composição da matriz energética da fase agrícola do grão, ou seja, energia direta e energia indireta. Segundo a autora os tipos de energia subdividem-se de acordo com a fonte, e estas são especificadas pelas formas sob as quais se apresentam no processo de produção. A energia do tipo direta constitui o somatório de todas as quantidades calóricas das fontes energéticas na forma em que se apresentam. Por outro lado, a energia do tipo indireta é a soma das quantidades calóricas da energia embutida nas máquinas, implementos, equipamentos, insumos e construções uma vez que, para atingir a forma de "entrada" no agroecossistema, necessitaram utilizar-se de outras quantidades calóricas de trabalho humano, matéria-prima, combustível, transporte, etc. A energia indireta então é, de acordo com Comitre (1993, p.82) *"(...) aquela empregada na fabricação, transporte e armazenagem de bens e serviços que são empregados na produção de novas mercadorias, ou seja, são energias consumidas no processo produtivo e distributivo de bens e serviços empregados na produção(...)"*.

Dessa maneira, pode-se apresentar a composição do fluxo externo contido num agroecossistema em dois tipos: energia direta e energia indireta. A energia direta apresenta-se em três fontes: biológica, fóssil ou elétrica, enquanto a fonte industrial representa a energia indireta. Exemplos de formas de energia cuja fonte seja biológica são as energias contidas no trabalho humano, animal e aquela contida nas sementes. Óleo Diesel, lubrificantes e graxa são formas de energia que exemplificam fontes fósseis.

Máquinas e implementos, calcário, fertilizantes químicos, herbicidas e agrotóxicos, são exemplos de formas de energia cuja fonte é industrial.

A classificação apresentada, sobre o fluxo externo das energias do tipo direta e indireta, suas fontes e formas, tem sido bastante utilizada, com pequenas variações, conforme demonstrado, entre outros, nos trabalhos de Deleage et al. (1979), Zucchetto & Jansson (1979), Pellizzi (1992), Cleveland (1995), Siqueira (1999), Campos et al. (2000).

Pela classificação vista, Campos (2001) informou que os combustíveis fósseis, eletricidade, gás, ou seja, formas de energia diretamente consumidas no agroecossistema seriam englobadas como do tipo direta; e formas manufaturadas de energia que entram no processo produtivo, como máquinas, agroquímicos, fertilizantes e serviços enquadrar-se-iam como indiretas, sendo seu cálculo, de acordo com Goldemberg (1979), determinados por dois procedimentos, a saber: análise de processos e análise de matrizes insumo-produtos.

Assim, em função do exposto, o presente estudo levou em conta a classificação adotada por Comitre (1993), em que formas de "entrada" de energia no agroecossistema como mão-de-obra, sementes e trabalho animal, de origem biológica; e óleo Diesel, lubrificantes e graxa, estas de origem fóssil, são consideradas do tipo energia direta. Por outro lado, máquinas, implementos, corretivo de solo e adubos químicos foram considerados formas de energia de origem industrial do tipo indireta.

4.2 Análise energética

Segundo Hesles (1981) a análise energética quantifica, de maneira estimada, a energia diretamente consumida e/ou indiretamente utilizada, esta como parcela

integrante do fluxo energético global, em pontos previamente estabelecidos de um determinado sistema produtivo, estabelecendo assim, limites de estudo. Este conceito pode ser estendido para o caso de sistemas agrícolas, pois, de acordo com Netto & Dias (1984), energia e agricultura estão intimamente vinculadas. Essa vinculação se apresenta não apenas nas operações motomecanizadas observáveis, mas em todas as interações presentes em um agroecossistema.

A análise energética, então, pode ser vista como 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. É na avaliação das "entradas" e "saídas" energéticas que este estudo foi levado a efeito.

Uma vez que são diversas as unidades que compõem "entradas" e "saídas" de um agroecossistema, passo importante é convertê-las num denominador comum, unidades energéticas. A maioria das análises energéticas expressam seus índices ou coeficientes em quilocaloria (kcal), sendo caloria entendida como a quantidade de calor necessária para aumentar de 14,5°C para 15,5°C a temperatura de um grama de água, sob pressão atmosférica e ao nível do mar. De acordo com Risoud (1999) a unidade utilizada atualmente em estudos de eficiência energética é aquela do Sistema Internacional, ou seja, o Joule (J) e seus múltiplos, principalmente megajoules (MJ). É importante ressaltar que os trabalhos e citações apresentados neste Capítulo acompanharam a unidade original utilizada pelos respectivos autores (kcal, Mcal e MJ).

Índices devem ser construídos no sentido de comparar e mensurar relações e grandezas energéticas que "entram" e "saem" de agroecossistemas (Mello, 1986). As "entradas" energéticas nos agroecossistemas são de dois tipos: energia em forma de radiação solar e energia contida nos insumos culturais. As "saídas" energéticas podem

ser consideradas basicamente de um só tipo, produtos provenientes de lavouras ou animais (Hart, 1980).

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 e o interesse na conversão das "saídas" úteis do sistema em unidades energéticas. Dessa forma os índices são representados pelas equações 1 a 4:

Eficiência cultural = "saídas" úteis / "entradas" culturais

Eq. 1

Produtividade cultural = quantidade de produto / "entradas" culturais

Eq. 2

Eficiência ecológica = "saídas" úteis / (radiação solar + "entradas" culturais)

Eq. 3

Produtividade ecológica = quantidade de produto / (radiação solar + "entradas" culturais)

Eq. 4

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

Outro índice bastante utilizado é aquele que representa a diferença entre a energia útil que deixa o agroecossistema e a energia cultural que entra no processo,

denominado de energia cultural líquida. Tal índice apresenta o desempenho energético do agroecossistema, e é representado pela equação 5, na qual os elementos são expressos em unidades energéticas:

Energia cultural líquida = "saídas" úteis – "entradas" culturais

Eq. 5

Alguns autores avaliam que análises energéticas possam ser melhor compreendidas quando se leva em conta a contabilização da radiação global como insumo e como quantificador da eficiência do agroecossistema na captação da energia solar (Jiménez & Jiménez, 1980; Mello, 1996; Bueno et al., 2000; por exemplo). Porém, a maioria dos autores desconsidera essa contabilização face a dificuldades na obtenção de dados mais precisos a respeito da incidência de radiação solar nos agroecossistemas e sua consideração como fonte gratuita de energia (a exemplo de Pimentel et al., 1973; Heichel, 1973; Leach, 1976; Cox & Hartkins, 1979; Hart, 1980; Pimentel, 1980; Palma & Adams, 1984; Quesada et al., 1987; Ulbanere, 1988; Carmo et al., 1988; Beber, 1989; Pellizzi, 1992; Comitre, 1993; Campos et al., 2000; Campos, 2001; Pinto, 2002).

Numa ótica que avança em direção à relação entre sustentabilidade e análises energéticas de explorações agrícolas, Risoud (1999) utiliza índices que captam o uso de energias renováveis no agroecossistema, denominados de balanço energético e eficiência energética. Esses índices podem ser representados pelas equações 6 e 7, respectivamente:

Balanço energético = S **energias totais –** S **das "entradas" de energias não renováveis**

Eq. 6

Eficiência energética = S **energias totais /** S **das “entradas” de energias não renováveis**

Eq. 7

Devido à ausência de dados acerca da incidência da radiação solar no agroecossistema estudado, e dos objetivos do trabalho, o presente estudo adotou os índices eficiência cultural (equação 1) e energia cultural líquida (equação 5) como referência para análise.

4.3 Matriz energética

Uma vez escolhidos os índices a serem utilizados, é necessário definir as “entradas” (*inputs*) e “saídas” (*outputs*) de energia do agroecossistema. A definição delas tem início pela descrição e quantificação das unidades, entre outras, de massa, volume e tempo (quilogramas, litros, horas de trabalho, por exemplo) que se apresentam no agroecossistema. Essas descrições e quantificações são as chamadas exigências físicas de um sistema produtivo.

Tais exigências, que nada mais são do que coeficientes técnicos adequados, devem então ser correlacionadas a unidades dimensionais de área (metro quadrado, hectare, alqueire, etc.) visando não apenas obter dados e índices individualizados, como também permitir o estabelecimento de comparações entre agroecossistemas.

Para tanto, é necessário proceder à conversão dos coeficientes técnicos das exigências físicas apresentadas em unidades ou coeficientes energéticos. A

conversão destes e sua inclusão nos fluxos de energia estabelecidos determinarão uma matriz de “entradas” e “saídas” energéticas que comporão o agroecossistema estudado.

Dado que a composição dos fluxos de energia, bem como a forma de obtenção dos valores energéticos utilizados para a conversão de unidades não energéticas em unidades energéticas apresenta-se heterogênea conforme conceituação e análises encontradas entre os vários autores, surgem problemas, principalmente de natureza comparativa.

A seguir desdobra-se discussão acerca das formas de obtenção dos conteúdos energéticos dos componentes de “entradas” e “saídas” a serem considerados, bem como a opção utilizada na construção da matriz energética do agroecossistema objeto deste trabalho.

4.3.1 “Entradas” energéticas

4.3.1.1 Mão-de-obra

Segundo Risoud (1999), a maneira de contabilizar o trabalho humano em termos calóricos e sua inclusão em matrizes energéticas está longe de representar um consenso, opinião compartilhada por Campos (2001), muito embora a importância da mão-de-obra em países periféricos e em agroecossistemas não convencionais seja indiscutível.

Passmore & Durnin, apud Mello (1986), em estudo sobre agricultura não mecanizada na Hungria, URSS, Itália, Alemanha e Gâmbia, datado de 1955, consideraram como média para homens de massa média igual a 65 quilogramas e mulheres de massa média equivalente a 55 quilogramas, um gasto energético (expresso em

kcal x min^{-1}), medido pelo consumo de oxigênio e dispêndio de dióxido de carbono, de 360 kcal x h^{-1} e 282 kcal x h^{-1}, respectivamente.

Odum (1967) adotou 175 kcal x h^{-1} para o dispêndio calórico do trabalho humano na produção de grãos em agroecossistema semi-pastoril. Pyke (1970) publicou tabelas de dispêndios calóricos para diversas atividades, classificando-as em trabalhos leves, moderados, pesados e muito pesados com gastos energéticos variando entre 19 a 90 kcal x h^{-1}, 80 a 200 kcal x h^{-1}, 170 a 700 kcal x h^{-1} e 400 a 1.000 kcal x h^{-1}, respectivamente.

Cook (1971), frente às dificuldades encontradas na quantificação da energia utilizada por um trabalhador, propôs uma estimativa dessa quantidade, transformando o salário do trabalhador em unidades energéticas. Para tanto calcula-se uma relação unidade monetária x unidade $energética^{-1}$, dividindo o consumo energético *per capita* pelo produto interno bruto *per capita* do país onde as análises energéticas foram realizadas.

Uma tabela de requerimentos calóricos, expressa em kcal x min^{-1}, que varia de trabalho muito leve (150 kcal x h^{1}) a trabalhos extremamente pesados (750 kcal x h^{-1}) foi publicada por Christensen (1972).

A FAO/OMS (1973) calculou as necessidades calóricas diárias médias de populações como sendo, respectivamente, 125 kcal x h^{1} e 91,7 kcal x h^{1} para *"um homem e uma mulher de referência"*[1].

Heichel (1973) adota o valor de 175 kcal x h^{-1} para o dispêndio energético do trabalho humano na agricultura.

---

[1] *"Homem: 65 kg, idade entre 20 e 39 anos e saudável. Trabalha 8 horas por dia em atividade moderada, passa 8 horas deitado e 4 a 6 horas sentado ou dedicado a uma atividade física ligeira. Dedica-se 2 horas a andar a pé ou à prática de esportes.*

Mulher: 55 kg, idade entre 20 e 39 anos e saudável. Ocupa-se 8 horas por dia em trabalhos domésticos, na indústria leve ou em quaisquer outras atividades moderadas. Passa 8 horas deitada e 4 a 6 horas sentada ou

Ao discutir energia como critério a ser considerado em política alimentar Slesser (1973), levando em consideração o trabalho embutido nas diversas esferas da vida do agricultor ou agricultora, propôs a utilização de um coeficiente calórico bem mais amplo para o trabalho humano, 229 MJ x h^{-1}.

Segundo Mello (1986), em trabalho de 1974, David Pimentel contabilizou a energia humana na produção agrícola considerando o valor de 580 kcal x h^{-1}. O autor levava em conta os alimentos totais ingeridos por um trabalhador em jornada semanal de 40 horas.

Makhijani & Poole, apud Fluck (1981) ao estudarem, em 1975, o consumo de energia no trabalho agrícola no Terceiro Mundo estabeleceram, por cálculo, valores energéticos que variaram de 89,3 kcal x h^{-1} a 90,2 kcal x h^{-1} .

Leach (1976) considerou o valor de 200 kcal x h^{-1}, afirmando que computou apenas o gasto calórico referente às horas de trabalho humano na agricultura.

Revelle (1976) adotou 250 kcal x h^{-1} para agricultores e 200 kcal x h^{-1} para agricultoras, como o valor energético do trabalho humano na agricultura indiana.

Fluck (1976) questiona o valor indicado por diversos autores quanto a energia referente ao trabalho humano, por essa estar geralmente associada a quantificação calórica de ingestão diária de alimentos. Segundo o autor, um trabalhador rural consome muito mais energia do que aquela representada pelo alimento ingerido. Itens como educação, moradia, transporte, vestuário, entre outros, traz um conteúdo energético adicional que, comumente, não se quantifica. Além disso, argumenta Fluck, a energia consumida pelos trabalhadores não produtivos deveria ser agregada à energia contabilizada aos trabalhadores produtivos. Dessa forma, o autor utilizou o índice energético de 450 MJ x h^{-1}, optando assim por um valor mais próximo da realidade.

---

ocupada com trabalhos moderados; dedica-se 2 horas a andar a pé, à prática de esportes ou ocupações

Doering et al. (1977) eqüivaleram o consumo calórico para o trabalho humano ao gasto pela máquina e implemento que o substituiu. A eqüivalência estimativa apontou para um valor de 525 kcal x h^{-1}.

Gomes (1978) determinou o custo energético para a execução de algumas tarefas na indústria de automóveis paulista chegando, por intermédio de medições do oxigênio consumido, a valores que oscilaram entre de 309 kcal x h^{1} para o prático de produção a 146,4 kcal x h^{-1} para a costureira, obtendo como média das ocupações estudadas 220 kcal x h^{-1}. Nesse estudo o autor levou em consideração um GER (gasto energético no repouso) igual a 1.500 kcal x dia^{-1}.

Pimentel & Pimentel (1979) adotaram outros coeficientes energéticos para o trabalho humano, mais detalhados que aqueles contabilizados em 1974 por David Pimentel. Esses coeficientes, desta vez baseados em atividades agrícolas específicas e não mecanizadas, variaram de 445 kcal x h^{1} para atividades leves, 545 kcal x h^{-1} para atividades médias e 645 kcal x h^{-1} para atividades consideradas pesadas, chegando numa média de 2,2 MJ x h^{1}. Nesses valores estão incorporados 45 kcal x h^{-1} dedicados ao sono e 100 kcal x h^{-1} para atividades não laborativas. Para tanto, os autores partiram da derivação de um total de energia alimentar consumida pelo trabalhador igual a 3.500 kcal x dia^{-1}.

Por sua vez, Stanhill (1980), ao comparar seis sistemas de produção de tomate, sugeriu o coeficiente energético de 0,7 MJ x h^{1} (168 kcal) para determinar a equivalência energética relativa ao trabalho humano.

A FAO (1980), em outro estudo, estimou em 250 kcal x h^{-1} as necessidades energéticas para um homem trabalhar em operações agrícolas de atividade moderada.

---

domésticas" (FAO/OMS, apud Carvalho et al., 1974, p. 31).

Jiménez & Jiménez (1980), aplicando a metodologia proposta por Cook (1971), apresentada anteriormente, encontraram o coeficiente de 3.130 kcal x h^{-1} para a contabilização da energia consumida pelo trabalho humano no agroecossistema cana-de-açúcar na zona de *La Suiza de Turrialba*, região atlântica da Costa Rica, no ano de 1979. Os dados de consumo energético *per capita* e produto interno bruto *per capita* foram obtidos junto ao Instituto Costarricense de Electricidad e Banco Central da Costa Rica.

Pimentel et al. (1980) por sua vez, passaram a desconsiderar em seus trabalhos a energia dispendida no trabalho humano, por entenderem que tal contabilização deveria abranger todo o sistema de sustentação do ser humano e da sociedade, incluindo *"(...) 1) Energia Mecânica e de calor dispendidas na atividade específica; 2) Energia contida nos alimentos consumidos pelos trabalhadores; 3) Energia para acessórios de sustentação dos trabalhadores; e 4) Energia total para os trabalhadores e suas famílias como parte da sociedade, incluindo o governo e até o sistema militar"* (p.72).

Angeleli et al. (1981), em estudo de avaliação nutricional, alimentar e de capacidade física em trabalhadores "volantes" em áreas rurais, consideraram 313 kcal x h^{1} o valor energético para o trabalho humano. Sartori (1996) utilizou esse valor em estudo de quantificação de gastos de energia e custos de produção por intermédio de equações matemáticas na cultura de cana-de-açúcar.

Em estudo no qual avaliou-se a energia contida no trabalho humano na produção de alimentos, Fluck & Baird (1976), numa análise mais abrangente, determinaram o índice energético de referência como sendo igual 594 MJ x h^{-1}.

Castanho Filho & Chabaribery (1982), ao traçarem o perfil energético da agricultura no Estado de São Paulo adotaram, para uma jornada de trabalho

de 8 horas, o valor de 525 kcal x h^{-1}. Este valor, obtido da literatura dos Estados Unidos, foi considerado alto para as condições nutricionais brasileiras, segundo Comitre (1993).

Jarach (1985), ao analisar a eqüivalência entre valores físicos e calóricos utilizada nas análises e balanços energéticos na agricultura italiana, considerou o mesmo coeficiente médio adotado por Pimentel & Pimentel (1979) para a energia computada frente ao trabalho humano, ou seja, 2,2 MJ x h^{-1}. Este mesmo índice é utilizado por Galli & Spougnolli (1985) na Itália.

Mello (1986), ao proceder a análise energética de agroecossistemas no Estado de Santa Catarina, considerou um coeficiente de 500 kcal x h^{-1} para o trabalho humano na agricultura. Nesse coeficiente o autor incorpora as chamadas atividades extra laborativas *"(...) sem ser excessivamente abrangente (...)"* (p.59), afirmando eqüivaler ao gasto calórico do trabalho corporal pesado em funções industriais e aproximar-se ao consumo energético em alimentos pelo trabalhador.

Ao estudar os custos e receitas sob os aspectos econômicos e energéticos para a produção de milho em grão no Estado de São Paulo, incluindo perdas pré, durante e pós-colheita, no transporte interno e no armazenamento, Ulbanere (1988) não considerou a energia contida na atividade humana para fins da montagem da matriz de cálculo energético. O autor justificou a exclusão citando que, em nível estadual, existe pouca participação calórica da mão-de-obra frente ao dispêndio de energia fóssil e presença majoritária de tração mecanizada na cultura. Além disso, continua Ulbanere (1988, p.53), *"(...) o fator dominante nas relações trabalhistas é o salário e não a energia"*.

Beber (1989) por sua vez, citando comunicação oral de Emílio La Rovere[2], referiu-se à recomendação da não inclusão do gasto calórico do trabalho humano em cálculos de eficiência energética pelo modo complementar face à diferente qualidade dessa energia em relação aos demais insumos. O autor (p.126/127) entende como eficiência energética pelo modo complementar a utilização do *"(...) artifício de eliminar do cálculo ou modificar os coeficientes energéticos daqueles insumos produzidos localmente.(...)"* como *"(...) o trabalho humano, o trabalho animal, o adubo orgânico, as sementes ou mudas e a lenha"* .

Comitre (1993), com o objetivo de avaliar os rendimentos energéticos e abordar alguns aspectos econômicos do sistema agro-alimentar da soja na região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, adotou o valor de 292,50 kcal x h^{-1} na contabilização da energia dispendida pelo trabalho humano. Esse valor corresponde, segundo a autora, ao cálculo da necessidade energética do trabalhador rural paulista indicado pela FIBGE, em 1977, *"(...) como sendo aquele* conteúdo energético *ingerido pelo trabalhador de área rural não metropolitana do Estado de São Paulo (...)"* (p.88).

Risoud (1999) em artigo que relaciona análise energética de explorações agrícolas com desenvolvimento sustentável, comunicou uma variação de valores de conteúdos energéticos do trabalho humano de 125 kcal x h^{-1}, referente apenas à contabilização da energia da alimentação do trabalhador, a 3.540 kcal x h^{-1}, onde se considera o custo energético da produção e reprodução da força-de-trabalho.

Campos (2001), ao proceder a levantamento e caracterização do consumo de energia na implantação, condução, fenação e armazenagem em duas espécies

[2] Segundo o autor, comunicação feita *"(...) durante reunião intitulada Os Balanços Energéticos Agropecuários do Rio Grande do Sul, promovida pela FINEP, UFSM E CENERGS, em Porto Alegre (08 de junho de 1988)".*

de forrageiras e após consultar diversos autores, optou por utilizar o índice de 92,77 kcal x h^{-1} como padrão para todas as atividades que envolviam mão-de-obra.

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. Porém, é importante ressaltar autores que mensuraram esse gasto como sendo exclusivo à fase de trabalho (valores mais inferiores), outros incluindo atividades extra laborativas e ainda aqueles que incorporaram o GER, além daqueles que incluíram outras variáveis (o custo energético da produção e reprodução da força-de-trabalho em variadas escalas e limites).

Uma vez que o consumo calórico e os gastos energéticos diferem, inclusive dentro do próprio grupo de trabalhadores de uma mesma atividade, o que se dirá de culturas e localidades diferentes. Assim, quanto mais próximos da realidade e detalhados forem os cálculos, obviamente os coeficientes apresentarão maior exatidão.

Nessa direção, Carvalho et al. (1974) desenvolveram, numa região de Portugal, trabalho objetivando resultados válidos e maior facilidade de aplicação. Relata o autor que H. Bramsel, do Instituto de Fisiologia do Trabalho de Dortmund, a partir de medições da quantidade consumida de oxigênio, propôs metodologia para avaliação de despesas energéticas de trabalhadores na zona de Dois Portos. O processo de cálculo levou à classificação das atividades profissionais em oito grupos, sendo que agricultores, marceneiros e soldadores fizeram parte do mesmo grupo, no qual as despesas energéticas representavam 13/6 do chamado metabolismo basal[3] referente a um dia de 24 horas.

Segundo crítica desenvolvida por este mesmo autor, o método referido leva a imprecisões por agrupar profissões, e não atividades, no cálculo das

[3] Segundo Carvalho et al. (1974, p. 32) o *"(...) metabolismo basal (M.B.) é calculado a partir de tabelas (AUB-DUBOIS ou TALBOT) + 8% para o trabalho de digestão e acção dinâmica específica. O valor obtido para o metabolismo basal tem em conta o peso, a altura, o sexo e a idade do indivíduo (...)".*

necessidades energéticas, ou seja, os diversos trabalhos agrícolas executados no interior de um agroecossistema contabilizam diferentes dispêndios calóricos. Além disso, continua, os valores apresentados pela metodologia proposta por Bramsel, designado "método rigoroso", são restritos àquelas condições específicas de trabalho estudadas.

No sentido de aperfeiçoar e tornar mais generalizante o "método rigoroso", pesquisadores sugerem que a análise do dispêndio energético passe a ser realizada com base nos efetivos tempos gastos nas diferentes operações ou ocupações profissionais do indivíduo, o mesmo sucedendo com o tempo de trabalho e ocupações não profissionais (refeições, higiene, deslocamentos, entretenimento, etc.).

Essa análise, designada "método simplificado", efetiva-se por intermédio da coleta de dados (massa, gênero, altura e idade) e utilização de valores referentes à duração média das principais ocupações dos trabalhadores objeto do estudo.

Carvalho et al. (1974), então, compararam resultados entre os "métodos rigoroso e simplificado", levado a efeito na *sub-região de* Torres, dominada pela cultura da uva, concluindo que não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre eles, validando assim o "método simplificado".

Dessa forma e procedendo a adaptações necessárias, o cálculo do dispêndio energético dos agricultores e agricultoras no agroecossistema apresentado neste trabalho seguiu metodologicamente o "método simplificado", descrito anteriormente.

4.3.1.2 Sementes

Registram-se na literatura inúmeros trabalhos que consideram a energia imputada no material de propagação, particularmente sementes, como superior ao registrado pelo produto final (grãos, por exemplo). Tal afirmativa baseia-se nos maiores

custos energéticos na obtenção de sementes melhoradas, ou seja, de mais alta tecnologia empregada.

Pimentel et al. (1973) quantificaram em 7.936,65 kcal x kg^{-1} o valor calórico de sementes de milho híbrido, partindo do dobro do custo energético do grão colhido, em função dos maiores *"(...) esforços necessários à produção(...)"* (p.10).

A FAO (1976), ao indicar índices energéticos para a produção de arroz e de milho segundo métodos modernos, transitórios e tradicionais em três países, estimou que a produção de um quilo de sementes de alta qualidade demandou 7.200 kcal nos Estados Unidos e 3.600 kcal nas Filipinas e no México.

Cox & Hartkins (1979) conferiram à semente de milho o índice energético de 3.500 kcal x kg^{-1}. Esse coeficiente foi utilizado como exemplo de valores energéticos a serem utilizados em análises energéticas de sistemas agrícolas por Hart (1980).

Trabalhando com valores globais e dados médios, objetivando traçar o perfil energético da agricultura do Estado de São Paulo, Castanho Filho & Chabariberi (1982) utilizaram coeficientes de conversão para sementes e mudas de duas entidades, uma nacional e outra norte-americana, chegando ao índice calórico do milho igual a 3.610 kcal x kg^{-1}.

Pinto et al. (1983), ao estudarem a eficiência energética de 5 cultivos tradicionais da cultura do milho, consideraram o valor energético da semente como sendo de 3.340 kcal x kg^{-1}, mesmo valor adotado por Hetz & Bórquez (1987) em trabalho realizado na região centro-sul do Chile.

Mello (1986) considerou 7.613 kcal por quilograma de semente como coeficiente energético para o sistema milho estudado em Santa Catarina. Enquanto para o sistema feijão o autor apontou um valor calórico de 9.807 kcal por quilograma de

semente, para o sistema soja foi indicado um valor energético igual a 4.069 kcal e para o sistema arroz, 3.658 kcal por quilograma de semente.

Beber (1989), ao compilar dados de INCAP-CINDN (1964), Castanho Filho & Chabariberi (1982), Pimentel (1980), EMBRATER (1979), EMBRAPA (1985), e Quesada et al. (1987), utilizou em seu trabalho, desenvolvido junto a pequenas propriedades rurais de um Município do Rio Grande do Sul, o coeficiente energético de 7.750 kcal por quilograma de semente de milho híbrido.

O índice energético para a semente de milho utilizado por Pinto (2002), ao estudar sistema agroflorestal em terras indígenas numa região do Estado de São Paulo, atingiu 3.610 kcal x kg^{-1}.

Os valores apresentados para o coeficiente energético da semente de milho divergem entre si praticamente em dois patamares, um próximo a 3.400 kcal x kg^{-1} e outro em torno de 7.500 kcal x kg^{-1}. Tal discrepância, acredita-se, deve-se em muito à falta de informação detalhada quanto ao tipo de material de propagação utilizado, se variedade ou híbrido.

O presente estudo utilizou o índice proposto por Pimentel et al. (1973), de referência mundial e com valor energético de 7.936,65 kcal x kg^{-1} para semente de milho híbrido que, embora tenha sido calculado para as condições do EUA, em muito se aproxima do indicado por Beber (1989), ao levar em consideração uma compilação de publicações nacionais.

4.3.1.3 Animais de trabalho

Da mesma forma que as demais "entradas" energéticas indicadas por diversos trabalhos, existe variação quanto aos coeficientes calóricos computados aos

animais de trabalho. Grande parte dos autores trabalha com o consumo energético ingerido pelos animais dividido ao longo da sua jornada de trabalho.

No presente trabalho assumiu-se este como item complexo, tal qual o cálculo dos índices atribuídos ao trabalho humano, dado que os fluxos energéticos possuem características distintas dos demais *inputs* calóricos considerados.

Ao analisar a produção de alimentos e energia em âmbito mundial, Odum (1967) propôs um valor de conversão eqüivalente a 2.400 kcal x h^{1} para o trabalho animal. Esse mesmo valor foi utilizado por Heichel (1973), ao comparar eficiência energética em diversas produções agrícolas.

Makhijani & Poole (1975) e FAO (1976), estimaram um consumo energético médio por hora de trabalho animal como sendo de 4.600 kcal. Este índice foi citado pelos primeiros autores ao relacionarem agricultura e energia no Terceiro Mundo; e pelo segundo, ao analisar a situação da agricultura e da alimentação no mundo.

Em estudo acerca do uso da energia na zona rural da Índia, Revelle (1976) apresentou três métodos para o cálculo do gasto calórico do trabalho animal em agroecossistemas. No primeiro deles, o autor cita a possibilidade de comparar o animal a uma máquina, sendo o gasto calórico calculado pela sua energia líquida, ou seja, a diferença entre a energia contida nos alimentos consumidos por todos os animais e as diversas formas de energia produzida, como esterco, leite, etc. Chegou-se, então, ao valor, por hora trabalhada, de 10.900 kcal. No segundo, o cálculo é feito pela divisão da energia líquida correspondente a um único animal pela sua jornada de trabalho, em horas, atingindo um coeficiente horário igual a 5.300 kcal. Finalmente, como terceiro método, o autor calcula a energia gasta pelo animal de trabalho como sendo 43% da energia total consumida, citando o índice de 2.300 kcal x h^{-1}.

Pimentel & Pimentel (1979) admitiram o índice de 2.000 kcal / hora de trabalho animal, partindo de um consumo energético de 20.000 kcal x dia^{-1} para uma jornada de trabalho de dez horas.

Em trabalho no qual descreveu-se metodologia para análise energética de sistemas agrícolas Hart (1980) apontou, citando exemplos de valores utilizados para "entradas" e "saídas" de energia tradicionalmente medidos em unidades não energéticas, o coeficiente calórico de 2.400 kcal / hora de trabalho animal.

Castanho Filho & Chabariberi (1982), ao estudarem o modo pelo qual a energia é produzida e gasta na agricultura do Estado de São Paulo, utilizaram o coeficiente energético de 3.500 kcal x h^{1} para o trabalho executado por animais nos mais diversos agroecossistemas.

Ao analisar diversos agroecossistemas no Estado de Santa Catarina e ponderando a importância dos animais de tração, Mello (1986) optou por utilizar o terceiro método de cálculo apresentado por Revelle e discutido anteriormente. Dessa forma o autor encontrou o valor de 2.400 kcal / hora de trabalho animal.

Ao estabelecerem as necessidades energéticas para o cultivo de milho em região do Chile, estimando sua eficiência energética e propondo ações de conservação e utilização racional da energia em sua produção, Hetz & Bórquez (1987) utilizaram o valor de 2.856,75 kcal x h^{1} como coeficiente energético referente ao trabalho animal.

Compilando dados de vários autores nacionais e internacionais Beber (1989), ao identificar processos agrícolas menos dispendiosos em insumos energéticos, utilizou 2.005 kcal x h^{-1} como índice calórico correspondente ao trabalho animal.

Com objetivo de melhor conhecer o uso da energia na produção frutífera do Chile, Hetz (1996) adotou o mesmo índice utilizado por Edmundo Hetz & Marcela Bórquez para o trabalho animal, ou seja de 2.856,75 kcal x h^{-1}.

Pinto (2002) utilizou o mesmo valor energético para o trabalho executado por animais na agricultura que Castanho Filho & Chabariberi (1982). O autor parte, então, do índice calórico diário de 28.000 kcal / animal, atingindo 3.500 kcal x h^{1}, para uma jornada de trabalho de 8 horas.

O presente estudo adotou o coeficiente energético de 2.400 kcal x h^{-1} para animais de trabalho. Este valor iguala-se ao apresentado por Odum (1967), Heichel (1976), Hart (1980) e Mello (1986), aproximando-se muito daquele estabelecido no terceiro método de cálculo citado Revelle (1976), Hetz & Bórquez (1987) e Hetz (1996).

4.3.1.4 Combustível, óleo lubrificante e graxa

Geralmente os coeficientes calóricos adotados para óleo Diesel, óleo lubrificante e graxa são tratados pelos autores como correspondentes ao valor intrínseco dos produtos, isto é, não contabilizando os custos energéticos da extração e refino.

Os trabalhos nacionais utilizam-se em grande escala do poder calorífico desses produtos, publicados anualmente no BEN (Balanço Energético Nacional), para apresentar os respectivos índices energéticos.

Como os valores calóricos do óleo Diesel, lubrificante e graxa, particularmente do primeiro, variam em função de diferentes graus de pureza, é necessário atualizá-los sempre que possível.

Por outro lado, trabalhos efetivados por Serra et al. (1979a) e Cervinka (1980) apontaram a necessidade de acrescentar 14% ao poder calorífico dos combustíveis (gasolina e óleo Diesel), face aos custos calóricos para sua obtenção. Não se discutiu valores de acréscimo quanto a óleos lubrificantes e graxa.

Dessa forma, adotou-se neste trabalho os índices energéticos constantes em Brasil (1999). Assim, partiu-se de um coeficiente energético para o óleo Diesel eqüivalente a 9.160 kcal x l^{-1}, multiplicado pelo fator 1,14 referente a relação insumo-produção, observada anteriormente; 9.420 kcal x l^{-1} para óleos lubrificantes e quanto a graxa, 10.361,52 kcal x kg^{-1}.

4.3.1.5 Máquinas e implementos

Embora existam dificuldades na obtenção de valores mais precisos acerca da energia contida nas máquinas, equipamentos e implementos agrícolas, diversos autores trabalharam a questão de formas diferentes.

Odum (1967), ao analisar a produção de grãos em sistema semi pastoril, indicou o coeficiente 20.712 kcal para cada kg de maquinaria utilizada.

Pimentel et al. (1973) analisando a produção de alimentos e crise energética utilizaram o valor energético de 19.941 kcal por kg de maquinário, pois segundo os autores são necessários 244.555.000 kcal de energia industrial para a produção de uma bateria de 13 t de maquinaria agrícola, acrescido de 6% a título de reparos.

Segundo Makhijani & Poole (1975), em estudo relacionando energia e agricultura no Terceiro Mundo, o dispêndio energético na produção de 1 kg de bens acabados de aço eqüivale a 17.500 kcal.

Leach (1976), embora trate de forma separada tratores e implementos, utilizou a mesma metodologia para ambos trabalhando porém, e exclusivamente, com taxas do Reino Unido, consideradas altas pelo próprio autor. Para o cálculo da energia contida nas máquinas e implementos apontou o coeficiente de 47.800 kcal para cada libra paga, em 1968, pelo produtor rural, depreciado linearmente ao longo de suas vidas úteis. Hart (1980) ao exemplificar, por autor, valores tradicionalmente utilizados em análises energéticas de sistemas agrícolas, apontou 21.500 kcal x kg^{-1} de maquinaria como aquele correspondente a Leach.

A FAO (1976) afirmou ser preciso um total de 20.808 kcal para a fabricação de cada kg de trator e demais maquinarias agrícolas, considerando intenso o valor de absorção energética necessária.

Para o cálculo da energia contida no maquinário e implementos agrícolas Serra et al. (1979), discutindo trabalho de Doering & Peart (1977), avaliou positivamente o conceito de valor adicionado, no qual o coeficiente calórico final não inclui o valor energético da matéria-prima adquirida pela fábrica. Castanho Filho e Chabariberi (1982), reproduzindo o conteúdo do trabalho do autor, explicaram esse cálculo, denominado método da depreciação energética, da seguinte maneira: *"(...) A máquina é então depreciada linearmente até zero sobre a vida útil do equipamento. O que sobra é a energia embutida no metal com valor idêntico ao que entrou na fábrica quando da montagem do equipamento(...)"* (p.54).

Doering III (1980) classificou em três categorias a energia requerida para o cálculo da energia contida numa máquina agrícola. Segundo o autor, o somatório da energia contida na matéria-prima, energia de fabricação da maquinaria e energia contida nas peças de reparo e manutenção durante a vida útil da máquina será o eqüivalente ao total calórico contido em determinado trator agrícola.

Macedônio & Picchioni (1985), ao desenvolverem metodologia para o cálculo de consumo de energia fóssil na produção agropecuária, tomando como exemplo as culturas de trigo e soja no Estado do Paraná, determinaram o coeficiente energético por tonelada de trator, colhedora e implementos agrícolas utilizados a partir do peso, vida útil e DEE (Demanda Específica de Energia), esta calculada de acordo com metodologia encontrada em Julien (1984). Procedendo assim, as autoras estabeleceram a quantidade de energia embutida no maquinário como sendo igual a 1.669×10^4 kcal x t^{-1} para tratores e colhedoras e 1.367×10^4 kcal x t^{-1} para implementos e outros equipamentos não motorizados.

Beber (1989), adaptando equação proposta por Hoffmann et al. (1984) para o cálculo de depreciação econômica, determinou o valor dos quilogramas depreciados para máquinas, equipamentos e implementos agrícolas partindo da massa, vida útil e tempo de utilização de cada um na propriedade. Essa determinação foi expressa na equação:

kg depreciados = massa(kg) – 10%(kg) / vida útil (h) x tempo de utilização (h) Eq. 8

Tsatsarelis (1993), ao estudar os requerimentos energéticos em diferentes itinerários técnicos na produção de trigo na Grécia, calculou a energia total embutida nas máquinas como sendo igual a 142,7 MJ x kg^{-1}, partindo do valor estabelecido por Pimentel et al. (1973) para a energia de produção da maquinaria, 86,38 MJ x kg^{-1}; acrescido de 0,55 vezes referente a reparos e manutenção (Fluck, 1985) e de 8,8 MJ x kg^{-1}, estabelecido por Loewer et al. (1977), como energia correspondente ao transporte.

Comitre (1993), ao proceder a avaliação energética e econômica do sistema agro-alimentar soja da região de Ribeirão Preto-SP, computou como energia indireta de origem industrial para máquinas, colhedora e implementos agrícolas somente a energia relativa ao valor adicionado na fabricação (seguindo Doering III, 1980), 5% referente a reparo e um acréscimo de 12% para manutenção. A autora utilizou os coeficientes energéticos para trator e colhedora apontados pelo mesmo autor, Doering III (1980), 3.494 Mcal x t^{-1} e 3.108 Mcal x t^{-1}, respectivamente e 20.500 Mcal x t^{-1} para pneus (Doering & Peart, 1977), este também adotado por Castanho Filho & Chabariberi (1982).

No caso dos implementos e outros equipamentos Comitre (1993), adotou os coeficientes energéticos encontrados em Doering III (1980), correspondendo a 2.061 Mcal x t^{1} para aqueles utilizados em todas as operações até o plantio ou semeadura (denominado cultivo primário) e 1.995 Mcal x t^{1} para as demais operações pós plantio ou semeadura (cultivo secundário). De posse desses valores a autora utilizou a seguinte equação para expressar o valor energético de tratores, colhedoras, implementos e equipamentos:

Energia indireta para máquinas e implementos = a + b + c + d / vida útil (h) Eq. 9

onde, *"(...)*

a = peso das máquinas e implementos x coeficientes energéticos correspondentes;

b = 5% de 'a';

c = número de pneus x peso x coeficiente energético de referência; e

d = 12% de (a + b + c)" (p.90).

Campos (2001), ao proceder ao balanço energético global de duas espécies de forrageiras envolvidas na pecuária leiteira intensiva na região de Coronel Pacheco, Estado de Minas Gerais, trabalhou com os índices, anteriormente citados, apontados por Macedônio & Picchioni (1985).

Por entender ser mais completa, no presente trabalho utilizou-se da fórmula apresentada por Comitre (1993). Porém, e acompanhando Mello (1986) – que considerou óleos lubrificantes e graxas como itens relativos à manutenção – sempre que possível substituiu-se o percentual de 12% de manutenção por valores coletados em campo ou de planilhas referentes aos gastos reais de óleos lubrificantes e graxa. Não sendo possível essa obtenção, utilizou-se dados de literatura.

4.3.1.6 Corretivo de solo e fertilizantes químicos

4.3.1.6.1 Corretivo de solo

O adequado pH do solo é de suma importância no desenvolvimento de culturas agrícolas. A calagem é a operação de correção da acidez do solo pela aplicação de calcário. Embora possua baixo conteúdo energético, a quantidade de calcário utilizada justifica, segundo Mello (1986), sua contabilização calórica em matrizes energéticas para posterior análise do agroecossistema estudado.

Leach (1976) calculou o valor energético desse corretivo para o Reino Unido como sendo de 478 kcal x kg^{-1} de calcário bruto.

Ao procederem uma avaliação dos *inputs* energéticos na fase agrícola de determinadas culturas, Serra et al. (1979a) adotaram o valor de 40 kcal x kg^{-1}, de calcário.

Utilizando cal como corretivo do solo, o coeficiente energético adotado por Pimentel (1980b) foi de 315 kcal x kg^{-1}. O mesmo valor foi utilizado por Beber (1989) em sua pesquisa, após análise de vários autores, incluindo, além de Pimentel (1980b), Pimentel et al. (1973) e Quesada et al. (1987). Esse coeficiente, porém, foi utilizado pelo autor para o próprio calcário.

Lockeretz (1980) calculou o valor energético do calcário bruto também como 315 kcal x kg^{-1}, ressaltando porém a utilização do coeficiente energético de 2.408 kcal para cada quilograma quando cal hidratada ou extinta.

Macedônio & Picchioni (1985) ao proporem e aplicarem metodologia de quantificação de energia fóssil utilizada nas culturas de soja e trigo no Estado do Paraná, calcularam como necessidade energética para a extração de calcário nas jazidas utilizadas no estudo em 9,138 kcal x kg^{-1} e 31,800 kcal de energia para sua moagem, obtendo como necessidade total 40,938 kcal x kg^{-1}.

Castanho Filho & Chabariberi (1982), ao estabelecerem os perfis de demanda e de produção energética na agricultura paulista; Comitre (1993), ao analisar econômica e energeticamente a cadeia produtiva da soja em região do Estado de São Paulo; e Sartori (1996), ao apresentar estudos de modelos matemáticos para a determinação de custos energéticos e de produção da cana-de-açúcar, adotaram em suas análises energéticas o valor de 40 kcal x kg^{-1} de calcário, seguindo os cálculos e valores de Serra et al. (1979a).

Campos (2001), ao compor a matriz energética de implantação das culturas de alfafa e “coast-cross”, definiu como coeficiente energético para o calcário, percorrida uma distância de 60 km, o valor de 229 kJ por quilograma do corretivo.

Pinto (2002), ao propor planejamento e execução de sistemas agrossilviculturais em comunidade indígena analisando-os econômica e energeticamente,

também adotou como coeficiente calórico para o calcário o valor de 40 kcal x kg^{-1}, calculado por Serra et al. (1979a) e utilizado por Castanho Filho & Chabariberi (1982), Comitre (1993) e Sartori (1996).

Optou-se, neste trabalho, por utilizar como coeficiente energético para o calcário usado na correção do solo 40 kcal x kg^{-1}, aproximando-se, em muito, do valor usado por Macedônio & Picchioni (1985) e sendo o mesmo empregado por Serra et al. (1979a), Castanho Filho & Chabariberi (1982), Comitre (1993), Sartori (1996) e Pinto (2002).

4.3.1.6.2 Fertilizantes químicos

Ao se tratar dos macronutrientes tanto para a adubação básica como em cobertura, vários são os índices energéticos adotados. A maioria dos autores levou em consideração os custos energéticos para a produção desses fertilizantes.

A composição de uma mistura de adubos, geralmente utilizada como adubação básica ou de plantio é, de forma geral, apresentada por uma série de três números, que indicam, pela ordem, as porcentagens de nitrogênio, fósforo e potássio (Malavolta, 1979). O autor informa ainda que o nitrogênio do adubo expressa o teor de N total, já o fósforo é expresso em P_2O_5 e o potássio em K_2O.

Dessa forma, ao analisarem a evolução da cultura do milho nos Estados Unidos, Pimentel et al. (1973) forneceram como requerimentos energéticos referentes ao custo de fertilizantes os índices calóricos de 19.200 kcal x kg^{-1} de N produzido e processado, 3.360 kcal x kg^{-1} de P_2O_5 extraído e processado e 2.160 kcal x kg^{-1} de K_2O também extraído e processado.

Ao analisar energia e agricultura em países agrupados na condição de subdesenvolvidos e em desenvolvimento, Makhijani & Poole (1975) afirmaram que o coeficiente energético adotado para a produção de nitrogênio depende da sua matéria-prima, gás natural e óleo ou carvão. Os autores consideraram que para a produção de 1 kg de N são necessários 18.750 kcal em países "subdesenvolvidos" e 25.000 kcal em países "em desenvolvimento".

Leach (1976), em trabalho relacionando energia e produção de alimentos no Reino Unido e utilizando dados de um grande fabricante de fertilizantes da Grã-Bretanha, apontou um custo energético médio de 19.111 kcal para a produção de 1 kg de N. O custo calórico médio por kg de P_2O_5 produzido alcançou 3.344 kcal. Já para cada kg de K_2O, o autor indicou um custo energético de 2.150 kcal. Salienta-se que em seu trabalho, Leach faz referência a um custo adicional de 120 kcal x kg^{-1} de fertilizante correspondente ao transporte marítimo desses produtos.

A FAO (1976), ao analisar a agricultura e a alimentação em nível mundial sob a ótica energética, adotou os índices de Pimentel et al. (1973) ao apresentar exemplos comparativos de diferentes métodos de cultivo de arroz nos EUA, Filipinas e México e de milho nos Estados Unidos e México.

Mercier (1978), ao discutir a questão da agricultura e da energia como pontos que podem convergir ao equilíbrio ecológico, apontou coeficientes calóricos a serem utilizados para nitrogênio, fósforo e potássio. Para N total, o valor citado pelo autor foi de 15.247 kcal x kg^{-1}, para P_2O_5 de 3.340 kcal x kg^{-1} e para K_2O de 2.320 kcal x kg^{-1}.

Estudando custos energéticos na agricultura, Cox & Hartkins (1979) indicaram os valores de 17.600 kcal x kg^{-1} para N, 3.190 kcal x kg^{-1} para P_2O_5 e para K_2O 2.200 kcal x kg^{-1}.

Serra et al. (1979a) admitiram coeficientes energéticos para os fertilizantes, oriundos da economia norte-americana, sendo 13.875 kcal por kg de N utilizado, 1.665 kcal para P_2O_5 e 1.110 kcal para cada kg de K_2O. Estes mesmos coeficientes foram utilizados por autores como Castanho Filho & Chabariberi (1982), Comitre (1993) e Sartori (1996).

Hart (1980) elenca coeficientes energéticos relativos a fertilizantes, apontando os valores determinados por Pimentel et al. (1973), Leach (1976) e Cox & Hartkins (1979) como sendo válidos para utilização em análise energética de sistemas agrícolas.

Lockeretz (1980) estabeleceu valores calóricos para diversos fertilizantes utilizando dados médios de processos industriais norte-americanos. Nesses valores incluiu-se custos energéticos referentes ao gás natural, eletricidade, transporte e armazenagem. Dessa forma o autor atribuiu, entre outros, coeficientes calóricos eqüivalentes a 17.808 kcal x kg^{-1} de N, 2.300 kcal x kg^{-1} de P_2O_5 e de superfosfato simples (com 20% de P_2O_5), 3.000 kcal x kg^{-1} de superfosfato triplo, 2.328 kcal x kg^{-1} de K_2O.

Felipe Jr. (1984), ao proceder a análises acerca da evolução industrial de fertilizantes nitrogenados, atribuiu o coeficiente de 14.930 kcal como referência ao custo energético por kg de N produzido no Brasil.

Ulbanere (1988), ao estudar a produção e perdas de grãos de milho no Estado de São Paulo sob o ponto de vista energético e econômico utilizou como coeficiente energético para os fertilizantes os valores de 15.247 kcal x kg^{-1} de N, 3.340 kcal x kg^{-1} de P_2O_5 e 2.340 kcal x kg^{-1} de K_2O.

Beber (1989) ao compilar dados de diversos autores adotou, em trabalho de eficiência energética em propriedades rurais do Rio Grande do Sul, os

coeficientes energéticos de 12.000 kcal por kg de N total, 3.000 kcal por kg de P_2O_5 e 1.600 kcal por kg de K_2O.

Pellizzi (1992) utilizou valores energéticos bastante próximos aos adotados por Cox & Hartkins (1979), ou seja, para cada kg de N, P_2O_5 e K_2O utilizados os coeficientes calóricos corresponderam a 17.520 kcal, 3.120 kcal e 2.160 kcal, respectivamente. Os índices energéticos eqüivalentes a cada quilograma de P_2O_5 e K_2O se aproximaram, em muito, de coeficientes determinados por outros autores. Já o valor relativo ao nitrogênio distanciou-se um pouco mais.

Siqueira (1999), ao estudar a combinação entre plantas de cobertura e equipamentos de preparo do solo, objetivando avaliar a implantação e manejo dessas espécies utilizando o milho como cultura indicadora, adotou como índice calórico para N, P_2O_5 e K_2O os mesmos valores utilizados por Ulbanere (1988).

Campos (2001), ao apresentar o balanço energético relativo à fenação de duas espécies forrageiras na pecuária leiteira intensiva, utilizou-se dos coeficientes energéticos apontados por Pellizzi (1992), 17.520 kcal x kg^{-1} de nitrogênio, 3.120 kcal x kg^{-1} de P_2O_5 e 2.160 kcal x kg^{-1} de K_2O.

Malavolta (1979) apresenta em tabela as principais características dos adubos nitrogenados, onde destaca-se o sulfato de amônio, fertilizante particularmente utilizado para operação de cobertura; o teor de nitrogênio varia de 20 a 21% e de enxofre se iguala a 24%.

Fluck & Baird (1982), em trabalho no qual observaram a agricultura sob a ótica energética, utilizaram como coeficiente energético para o sulfato de amônio o valor, para cada kg de nitrogênio, de 19.274 kcal.

Hetz & Bórquez (1987), ao estudarem as necessidades energéticas para a produção de milho no centro-sul chileno, se utilizaram desse coeficiente no cálculo do conteúdo energético do sulfato de amônio, adubo utilizado na cobertura.

Ulbanere (1988), ao analisar a formação dos custos energéticos e econômicos para a produção de milho no Estado de São Paulo, adotou 18.460 kcal x kg^{-1} de sulfato de amônio.

Osaki (1991), ao apresentar as garantias mínimas dos componentes dos fertilizantes simples, aponta para o sulfato de amônio um teor de N igual a 20% e um teor variável de S entre 22 a 24%.

Pinto (2002) calculou o índice calórico do sulfato de amônio utilizado no sistema agroflorestal da terra indígena de Araribá, no município de Avaí, Estado de São Paulo, apontando o valor de 2.775 kcal x kg^{-1}.

Para os cálculos que comporão o dispêndio energético do agroecossistema milho, o presente trabalho adotou o índice de 14.930 kcal x kg^{-1} de N, indicado por Felipe Júnior (1984) para os adubos nitrogenados, por entender que se trata de valor detalhado e com cálculos realizados para o Brasil. Esse índice foi utilizado no cálculo da adubação de plantio e em cobertura, sendo que para esta última não foram encontrados dados a respeito do enxofre incorporado ao sulfato de amônio.

No caso do fertilizante fosfatado optou-se pelo coeficiente calórico apresentado por Lockeretz (1980) e igual a 2.300 kcal x kg^{-1} de P_2O_5, que embora apresente valor energético mais baixo em relação aos demais observados nesta revisão, é aquele em que a literatura refere-se exclusivamente ao superfosfato simples, componente da mistura utilizada no adubo formulado usado no agroecossistema estudado.

Em se tratando de fertilizante potássico trabalhou-se com o valor energético de 2.200 kcal x kg^{-1} de K_2O, coeficiente apontado por Cox & Hartkins (1979) e

também utilizado por Pellizzi (1992). Esse valor é bem próximo ao utilizado por outros autores como Pimentel et al. (1973), Leach (1976), FAO (1976), Mercier (1978), Ulbanere (1988), Siqueira (1999) e Campos (2001).

Por fim, ressalta-se que aos índices apresentados foi acrescido o valor de 120 kcal x kg^{-1} de fertilizante, na razão de seu percentual de importação, em função da recomendação de Leach (1976) e referente ao transporte marítimo.

4.3.2 "Saídas" energéticas

Considera-se como "saídas" energéticas a produção física obtida multiplicada pelo seu valor calórico. No caso de grãos, por exemplo, os "restos culturais" são usualmente incorporados ao solo, sendo que a energia a eles correspondente não é computada, uma vez que podem vir a ser reaproveitadas no processo (Castanho Filho & Chabariberi, 1982). Diante do exposto, *"(...) a energia contida nos restos da cultura do milho,* exemplificam os autores, *poderiam ser aproveitados e computadas como uma produção de energia, se utilizados. No entanto, quando ele é incorporado ao solo, pode ser considerado como um insumo energético que serve inclusive para minimizar a quantidade de energia dos fertilizantes que deveria ser gasta, economizando portanto energia. Assim, ... considerou-se que essas energias se compensam, não sendo computadas(...)"* (p.47).

Diversos autores que trabalharam com grãos de milho como item referente às "saídas" energéticas apresentaram valores calóricos com pequenas variações, entre 3.400 kcal x kg^{-1} e 3.968,32 kcal x kg^{-1}.

Pimentel et al. (1973) utilizaram, em trabalho clássico da década de 1970 e de referência mundial, o coeficiente energético do quilo de grão de milho colhido nos EUA como sendo igual a 3.968,32 kcal.

Grãos de milho colhidos apresentaram, segundo Cox & Hartkins (1979) em estudo de avaliação de custos energéticos, índice calórico igual a 3.500 kcal x kg^{-1}. Este mesmo coeficiente foi apresentado por Hart (1980) em exemplo metodológico de análise energética de sistemas agrícolas.

Castanho Filho & Chabariberi (1982) indicaram o valor energético médio de 3.610 kcal x kg^{-1} para o grão de milho, produto colhido e convertido de matéria seca para os teores médios de umidade apresentados para o Estado de São Paulo como um todo.

Pinto et al. (1983) atribuíram coeficiente calórico de 3.400 kcal x kg^{-1} de grãos de milho colhidos, em estudo da utilização da energia em explorações agrícolas e florestais do Chile.

Procedendo análise energética na produção de milho numa região do Chile, Hetz & Bórquez (1987) consideraram o mesmo coeficiente utilizado por Pinto et al. (1983), apresentado anteriormente.

Ulbanere (1988) utilizou, como valor calórico médio para o Estado de São Paulo, em análise do balanço energético da cultura do milho, o índice de 3.690 kcal x kg^{-1} de grãos colhidos.

Ao analisar trabalhos de diversos autores, Beber (1989) propôs, em estudo realizado num município do Estado do Rio Grande do Sul, o coeficiente energético de 3.875 kcal x kg^{-1} para grãos de milho colhidos.

Peart et al., apud Lacerda Filho (1998) elencou os valores energéticos dos diferentes componentes da planta de milho, considerando a produção de

1,0 hectare no centro da região ocidental norte-americana. Assim, para uma produtividade, em grãos, de 7.846 kg x ha^{-1} encontrou-se o conteúdo energético de 127,7 GJ, ou seja, aproximadamente 3.906,2 kcal x kg^{-1} de grãos colhidos.

Pinto (2002) trabalhou com valor calórico de 3.600 kcal x kg^{-1} de grãos de milho em projeto de implantação de sistema agroflorestal em terras indígenas do Estado de São Paulo.

O presente trabalho utilizou os dados de Pimentel et al. (1973) como coeficiente energético para as "saídas" calóricas do agroecosssitema estudado, ou seja, o valor de 3.968,32 kcal x kg^{-1} de grão de milho colhido. Tal opção respaldou-se na referência mundial que os autores e a obra apresentam; bem como na utilização da mesma fonte, com suas correlações, quando tratou-se do conteúdo energético das sementes de milho híbrido; além de, como assinalado no início, a diferença estabelecida entre os diversos índices apresentados pelos autores ser pequena.

4.4 Categorias de análise energética

Estudando a contabilidade energética no setor agropecuário, Beber (1989) sistematizou quatro abordagens para análises energéticas, enfatizando que a sistematização adotada não obedeceu critérios rígidos. As abordagens foram por produto, por sistema de produção, por propriedade e por tamanho de propriedade.

No sentido de ampliar tais abordagens, Risoud (1999) afirmou que a análise energética do setor agrícola pode ser apresentada em escalas diferentes, desde uma análise para países como um todo; passando por cadeias agro-alimentares específicas e em nível de propriedade ou exploração agrícola; até por produto, ou melhor colocado pela autora, por itinerário técnico do produto. Risoud (1999) trabalhou de forma particular

com análises energéticas em nível de explorações agrícolas, por entender ser, nesse nível, onde privilegiadamente as tomadas de decisão são efetivadas.

A definição de itinerários técnicos é encontrada em Mazoyer et al. & Dufumier M., apud Oliveira (2000, p.40) como *"(...) conjuntos lógicos e ordenados de operações aplicadas a uma espécie vegetal ou a um produto animal"*. Dufumier* afirmou que seu conceito permite *"(...) considerar a parte de um rendimento proveniente que é devida às técnicas e a que resulta do meio e suas interações com as técnicas"*.

No presente trabalho optou-se por categorizar as formas de análise energética de acordo com Beber (1989), por estas serem comumente utilizadas, ressalvando os limites de sua abrangência. O conceito de itinerário técnico foi empregado, ao invés de práticas culturais, por compreendê-lo de maior flexibilidade frente a abordagem mais atual de agricultura enquanto sistemas agrários, isto é, *"(...) modos de explorações agrícolas de um espaço historicamente constituído por uma sociedade, resultado da combinação de fatores naturais, sócio-culturais, econômicos e técnicos (...)"* Mazoyer et al. & Dufumier M., apud Oliveira (2000, p.40).

4.4.1 Por produto

O trabalho de Pimentel et al. (1973), de impacto e referência mundial, é um exemplo clássico de análise energética por produto. De forma pioneiramente detalhada,

os autores analisaram a evolução da utilização dos insumos totais e produção da cultura de milho nos Estados Unidos, chamando a atenção para o decréscimo da relação energia

* DUFUMIER, M. (FEAGRI/UNICAMP). Workshop "Abordagem metodológica de sistemas agrários: princípios teóricos e aplicações". Teoria dos Sistemas Agrários, Palestra, 2001.

produzida/energia consumida de 3,70 em 1945 para 2,82 em 1970. Assim, enquanto a produtividade média do milho no período aumentou 2,4 vezes (passando de 34 *bushels* x acre^{-1} para 81 *bushels* x acre^{-1})[4], a média dos insumos energéticos utilizados no mesmo período para assegurar tal rendimento, aumentou 3,2 vezes (passando de 0,9 x 10^6 kcal x acre^{-1} em 1945 para 2,9 x 10^6 kcal x acre^{-1}em 1970).

Segundo Aldrich et al. (1975), o cultivo de milho no "cinturão verde" dos EUA alcançou um dispêndio calórico de 15.993 kJ x ha^{-1}, decomposto e distribuído da seguinte forma: 44,23% para fertilizantes e equipamentos, 25,91% para a maquinaria, 17,54% para o combustível, 9,69% para plantio e tratos culturais e 2,63% para a colheita. Os autores registraram um consumo energético de 2.260 kJ x ha^{-1} na secagem.

Heichel (1976) publicou trabalho relacionando a utilização de energia e a produtividade de diversos produtos agrícolas norte-americanos. Culturas como as de sorgo, cana-de-açúcar, milho, feijão-verde, tomate, alface, brócolis, couve-flor, aipo e melão foram avaliadas, obtendo-se como resultado geral uma alta dependência de combustíveis fósseis por parte da agricultura dos Estados Unidos. Observou-se que o agroecossistema milho, além do sorgo e da cana-de-açúcar, obtiveram melhores ganhos calóricos que os demais, em torno de 4 a 5 calorias de alimentos por unidade de energia.

Pierotti et al. (1977) calcularam a intensidade de energia necessária para a produção de trigo nos EUA. Os fertilizantes e o combustível foram os principais itens de dispêndio calórico.

Em trabalhos que envolveram análise energética da produção de cana-de-açúcar, Lipinski & McClure (1977) no Hawaí e Gomes da Silva & Serra (1978) no Brasil, concluíram que os combustíveis e a maquinaria são responsáveis pelo maior percentual de "entradas" energéticas. No Brasil, os autores, que também apresentaram

[4] Os autores consideraram 1 *bushel* de milho equivalente a 25.40 kg. Por sua vez, 1 acre é igual a 0,405 ha.

dados correspondentes à fase agrícola das culturas de mandioca e sorgo para a produção de álcool etílico, constataram que 21,8% da energia gasta no cultivo de cana-de-açúcar corresponde a adubos nitrogenados.

Serra et al. (1979a), procedendo a avaliações da energia injetada na fase agrícola de culturas, registraram uma variação entre 1.282 a 2.496 Mcal x ha^{-1} por ciclo da cultura do milho, com uma média de 1.951 Mcal x ha^{-1} por ciclo de cinco meses. De acordo com os autores, os conteúdos energéticos mais expressivos corresponderam aos gastos com combustível (50,6%) e fertilizantes (40,8%).

Comparando diversas matérias-primas para a produção de álcool combustível, Moreira (1979) efetuou balanço energético da fase agrícola das culturas de cana-de-açúcar, mandioca e sorgo, para a produção de etanol; e pinus e eucalipto para a produção de metanol. De acordo com o autor, e do ponto de vista energético, pinus e eucalipto se apresentaram como as melhores matérias-primas.

Serra et al. (1979b) procederam estudo semelhante ao anterior, utilizando as mesmas culturas, porém oferecendo subsídios somente para a produção de etanol. Os resultados encontrados foram os mesmos.

Briggle (1980) analisou o perfil energético da cultura de trigo irrigado e não irrigado em condições norte-americanas. Os insumos de maior intensidade energética utilizados nos agroecossistemas não diferiram daqueles encontrados por Pierotti et al. (1977).

Pimentel & Burgess (1980) encontraram uma eficiência energética para o milho em grão produzido nos EUA entre 1,4 e 4,5. Como valor médio, apresentaram uma eficiência de 2,47. Observaram também quantidades calóricas por unidade de área variando entre 7.213 Mcal x ha^{-1} na Califórnia e 34.678 Mcal x ha^{-1} no Texas. Os autores, ao desagregarem o gasto energético total, assinalaram que as “entradas” calóricas mais

representativas corresponderam aos fertilizantes, particularmente os nitrogenados, combustível e agroquímicos (defensivos e herbicidas).

Jiménez & Jiménez (1980) determinaram a eficiência energética de agroecossistemas de cana-de-açúcar na região Atlântica da Costa Rica. Os autores constataram que das "entradas" calóricas no sistema produtivo, o material de propagação, obtido no próprio estabelecimento rural; a mão-de-obra, familiar e local e os fertilizantes, importados de outras regiões e países, participaram em maior grau (32,2%, 30,3% e 26,0%, respectivamente). Esta distribuição, segundo os autores, difere da apresentada anteriormente por Lipinski & McClure (1977) e Da Silva & Serra (1978), em função do itinerário técnico estudado privilegiar a utilização de mão-de-obra.

Com objetivo de fornecer subsídios para o estabelecimento de políticas de incentivo à produção ou de restrições ao consumo de energia, Castanho Filho e Chabariberi (1982) traçaram o perfil energético de 21 atividades agropecuárias do Estado de São Paulo, ano agrícola 1978/1979, *"(...) representativo da última metade da década.(...)"* (p.38). Os resultados apontaram uma produção de energia final agrícola igual a 40.783,1 x 10^9 kcal e uma energia injetada na agricultura de 34.041,6 x 10^9 kcal. Deste total, 79,6% referiam-se ao consumo de energia de origem fóssil, sendo a representação isolada dos combustíveis igual a 38,1%. Os autores verificaram, então, a dependência da agricultura do Estado de São Paulo de energia não-renovável, principalmente petróleo, em que pese o fato de, no trabalho, não terem sido considerados gastos calóricos com transporte. Observaram, ainda, um aproveitamento da produção energética da ordem de 19%, ou seja, que a cada caloria investida nos processos produtivos estudados obteve-se 1,19 de caloria final em condições de ser aproveitada. Os dados apresentados colocaram a agricultura paulista no mesmo estágio da agricultura francesa da década de 1970 (ver

C.N.E.E.M.A., 1975). Com relação a cultura de milho no Estado de São Paulo, a relação encontrada entre energias contida e injetada na produção foi de 5,3.

Analisando, de forma teórica, cinco culturas tradicionais no Chile, Pinto et al. (1983) determinaram uma eficiência energética de 4,6 para o cultivo de milho. Ainda no Chile, Montaldo & Alvarez (1983) realizaram o balanço energético em cultura de batata, objetivando analisar energeticamente o agroecossistema.

Slesser (1984) relatou os requerimentos energéticos necessários para a produção de trigo na Europa, EUA, Canadá, Argentina e Austrália, informando gastos bastante significativos com adubação química, particularmente nitrogenada, combustível em geral e preparação de terreno.

Dazhong & Pimentel (1984a), trabalharam relações de consumo de energia no agroecossistema trigo localizado no nordeste da China, assinalando um grau considerável de dependência frente aos recursos naturais não-renováveis.

Estudos relacionando consumo de energia fóssil e produção de cana-de-açúcar, incluindo a produção de álcool, foram realizados por Macedo & Nogueira (1985) em usinas do Estado de São Paulo.

Hetz & Villalobos (1985) estudaram as necessidades energéticas para o cultivo do trigo na província chilena de Ñuble. Nesta mesma região, Hetz & Silva (1986) analisaram índices de eficiência energética na produção de beterraba açucareira.

Culturas como arroz, fumo, mandioca, soja, trigo, milho e cana-de-açúcar, além de produtos originários da pecuária leiteira e suinocultura foram analisados energeticamente por Quesada (1986) no Estado do Rio Grande do Sul. Como resultado, obteve-se variada relação energia produzida/energia consumida. Os melhores resultados foram observados na cana-de-açúcar, mandioca e milho, com desdobros energéticos médios de 8 kcal para cada kcal injetado em suas produções. Arroz, soja e trigo

apresentaram relação intermediária, ao passo que o fumo e os produtos pecuários apresentaram relação deficitária.

Mello (1986) compilou conceitos teóricos e publicações sobre análise energética em agroecossistemas e apontou custos e índices energéticos para as culturas de arroz irrigado, feijão, soja, milho, consórcio milho-feijão e milho-soja no Estado de Santa Catarina. Resultados de gastos calóricos observados em seis itinerários técnicos na cultura de "milho solteiro" variaram de 2.296.781 kcal x ha^{-1} a 3.992.575 kcal x ha^{-1}. O autor encontrou índices de produtividade cultural variando de 1,132 kg x $Mcal^{-1}$ a 2,612 kg x $Mcal^{-1}$ e índices de produtividade ecológica oscilando entre 1,830 x 10^{-3} kg x $Mcal^{-1}$ e 2,199 x 10^{-3} kg x $Mcal^{-1}$.

Em função da importância da cultura do milho no Chile, Fuentes (1987), estudando os requerimentos energéticos para a produção de milho em grão e milho para silagem no centro-sul do País, ano agrícola 1984/1985, observou um consumo total de energia para a produção em grão que variou entre 3.577 Mcal x ha^{-1} e 4.052 Mcal x ha^{-1}, uma eficiência cultural oscilando de 5,6 a 6,5 e uma quantidade calórica média necessária para a produção de 1 kg de milho igual a 510 kcal. Os maiores consumos energéticos verificados pela autora concentraram-se no combustível, fertilizantes sintéticos e biocidas, com participação percentual média de 34,72; 22,72 e 6,5, respectivamente. Os três itens juntos atingiram, em termos médios, 63,94% da estrutura de gastos energéticos na produção de milho em grão na região estudada. Uma importante ressalva é feita por Fuentes (1987) quanto à utilização do coeficiente calórico para o nitrogênio *"(...) a partir de nitrato de sódio natural (salitre) (...)"*, obtendo-se *"(...) un valor energético equivalente a 5.037 kcal/kg. Valor que difiere bastante de los 18.670 kcal/kg que se asignan al nitrógeno sintético y que fue utilizado por la mayoria de otros investigadores"* (p.15).

Hetz & Bórquez (1987) determinaram os gastos energéticos totais e parciais necessários para produzir milho na mesma região chilena e mesmo ano agrícola que Fuentes (1987), citada anteriormente. Os autores encontraram uma eficiência cultural de 8,3 para a produção de milho em grão na região. Os gastos totais atingiram 3.815 Mcal x ha^{-1}, sendo que a composição da estrutura de dispêndio energético apontou o combustível, fertilizantes e biocidas como responsáveis por 86,5% do gasto total e que a mão-de-obra utilizada representou 5%. A demanda calórica média para a produção de 1 kg de milho em grão foi de 531 kcal.

Ulbanere (1988), ao analisar o balanço energético relativo à produção e perdas de grãos de milho no Estado de São Paulo, apontou para as significativas participações de fertilizantes (49,29%) e de óleo Diesel, lubrificantes e graxa (43,06%) na matriz energética do agroecossistema. O autor concluiu que a eficiência cultural sofreu significativa diminuição, ao contabilizar as perdas totais, ou seja, passando do índice 4,08 (com "saídas" úteis correspondendo a 11.070 x 10^3 kcal x ha^{-1}) para o índice 2,98 (tendo como "receita" energética o equivalente a 8.094,53 x 10^3 kcal x ha^{-1}).

Campos et al. (1998), ao procederem a avaliações energéticas na produção de silagem de milho em sistema intensivo de produção de leite na região de Coronel Pacheco, Estado de Minas Gerais, concluíram que as maiores participações calóricas corresponderam aos fertilizantes de origem fóssil (28,39%), seguido do processo de irrigação (14,58%) e combustíveis e lubrificantes (13,84%). Na estrutura de consumo de energias, a mão-de-obra representou 0,38% do total. Os autores verificaram que a relação entre as energias contida na produção e consumidas foi de 7,8, indicando que para cada Mcal x ha^{-1} injetada na produção de silagem de milho foi obtido um retorno bruto de 7,8 Mcal x ha^{-1} na forma de energia alimentar.

Na Itália, Pellizzi (1991) quantificou a energia necessária para a produção de trigo. O autor decompôs a energia total envolvida entre as diversas etapas do processo produtivo.

Carmo & Comitre (1991) e Carmo et al. (1992), pesquisaram os balanços energéticos entre os anos de 1965 e 1990, para o Estado de São Paulo, de soja e milho, publicados em 1991 e de cana-de-açúcar, algodão e feijão das águas, disponibilizados em 1992, chegando à conclusão que apenas num primeiro momento as fontes biológicas de energia se sobrepõem às de origem fóssil e que cada vez são necessárias maiores quantidades de energia injetadas para o retorno de uma unidade calórica do produto.

Quanto ao milho, as autoras apontaram uma participação de 93% do total de gastos calóricos entre combustíveis e adubos. A evolução do balanço energético, em Mcal x ha^{-1}, calculado a partir da relação estabelecida entre "saídas" energéticas e "entradas" calóricas, foi de 5,53 e 5,60, safras 1964/1965 e 1969/1970, respectivamente; e 6,22 (safra 1969/1970), 4,49 (safra 1979/1980), e 7,30 (safra 1989/1990), sendo as três últimas cultivadas motomecanicamente.

Comitre (1993), ao estudar os rendimentos energéticos e abordar aspectos econômicos do sistema agro-alimentar da soja na região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, procedeu a avaliação energética da fase agrícola da cultura.

Tsatsarelis (1993) avaliou a necessidade de energia para a produção de trigo sob diferentes itinerários técnicos no centro e norte da Grécia. O autor estudou também a influência dos principais *inputs* no fluxo de energia do agroecossistema.

Carmo et al. (1993) analisaram energeticamente o cultivo de amendoim da seca em sua fase agrícola e industrial (refino do óleo), ano agrícola 1992/1993 na região de Marília, Estado de São Paulo. Os autores verificaram que os

principais *inputs* de energia na fase agrícola corresponderam a combustível e agroquímicos.

Uva de mesa, uva para vinho, framboeza, laranja, limão, maçã vermelha e verde foram agroecossistemas estudados por Hetz em diversas regiões do Chile (1996), onde apresentou-se e comparou-se índices de eficiência energética entre as várias culturas.

Ao proceder análise energética de explorações agrícolas na região francesa d`Évreux, Menegon (1996) apresentou resultados médios para os cultivos de trigo, cevada, ervilha, colza, linho e milho. A energia bruta encontrada para a cultura de milho foi de 144.185 MJ x ha^{-1}, enquanto a eficiência energética média atingiu 4,38. A equação utilizada pelo autor neste cálculo foi: Σ energia bruta / Σ "entradas" de energias não-renováveis.

Risoud (1999) apresentou análise energética comparativa realizada na França, não por produto mas, segundo a autora, entre itinerários técnicos diferentes na produção de trigo cultivado no inverno.

Siqueira (1999) procedeu ao cálculo do balanço de energia para implantação e manejo de aveia preta, nabo forrageiro e tremoço azul, culturas de cobertura do solo. O autor concluiu que as espécies foram altamente eficientes quanto à produção e retorno energético, assinalando que os maiores consumos de energia para implantação e manejo da aveia preta e nabo forrageiro foram combustível e fertilizantes. Para o tremoço azul, a participação mais acentuada na matriz energética foram as sementes.

Com objetivo de determinar balanços energéticos relativos à produção de feno a partir de *coast-cross* e alfafa no interior de um sistema intensivo de produção de leite, Campos (2001) concluiu que na implantação e manutenção do *coast-*

cross e da alfafa, o combustível e os fertilizantes, com destaque aos nitrogenados, demandaram maior consumo energético.

4.4.2 Por sistema de produção

Ao discutir análises energéticas por sistema de produção, Beber (1989) sinalizou, no tocante à relação energia contida na produção/energia consumida, o sistema orgânico de produção como importante contraponto ao sistema convencional e análises de sistemas por requerimento de trabalho-homem.

A FAO (1976) apresentou quadro comparativo da utilização de energia comercial necessária para a produção de arroz por métodos modernos nos Estados Unidos e transitórios e tradicionais nas Filipinas e para o cultivo de milho por métodos modernos e tradicionais nos EUA e no México, respectivamente. Os autores trataram por agricultura tradicional aquela com pouca utilização de energia comercial, baseando-se, quase por completo, na energia humana e na energia dos animais de trabalho. O quadro, elaborado a partir de Pimentel et al. (1973) e estimativas da própria FAO, apresentou dois índices: o primeiro deles, relacionado ao rendimento físico da cultura do milho por método utilizado (5.083 kg x ha^{-1} nos Estados Unidos e 950 kg x ha^{-1} no México); e o segundo índice, relacionando energia contida nos insumos necessários para a produção e resultado físico, encontrando valores iguais a 5,91 x 10^6 J x kg^{-1} no caso norte-americano e 0,18 x 10^6 J x kg^{-1} no caso mexicano.

A substituição da adubação química por adubação orgânica foi a responsável por uma relação energia contida na produção/energia consumida muito mais positiva na cultura do milho (Pimentel, 1984), na cultura do trigo (Berardi, apud USDA,

1980) e em estudo comparativo entre pequeno produtores de cereais (Kraten, apud USDA, 1980).

Fazendas orgânicas e convencionais foram analisadas comparativamente nos EUA em 1976, apresentando uma eficiência energética superior nos cultivos orgânicos de milho e soja (USDA, 1980).

Cultivos de trigo na região nordeste dos EUA com produtividades maiores e alta demanda de insumos energéticos, foram comparadas por Berardi (1978) a cultivos com produtividades menores aliados ao uso de materiais orgânicos como insumos. Os resultados apontaram um rendimento 29% superior no primeiro caso com um consumo de energia 48% maior que no segundo.

Sistemas de produção nos quais se comparam a utilização mais intensiva de trabalho humano e animal demonstraram uma relação bastante positiva entre energia embutida na produção/energia consumida. Exemplos nesse sentido são apresentados por Pimentel (s.d.) ao comparar sistemas de produção de milho nos Estados Unidos e México e cultivo de trigo americano e indiano.

Fragata (1982) determinou a eficiência energética de um estabelecimento agrícola, denominado pelo autor ecossistema em nível de empresa agrícola, na região noroeste de Portugal. Foram consideradas rotações e associações de culturas como azevém, batata, centeio, feijão e milho, além da exploração de gado bovino para fornecimento de tração, carne e leite, verificando-se um reduzido número de aves (galos e galinhas). O trabalho é predominantemente familiar, sendo que a mão-de-obra assalariada temporariamente representou 10% do percentual total de dias-homem utilizado, a troca de dias 3,5% e a contratação de um tratorista 0,3%. Segundo o autor, o rendimento energético do ecossistema atingiu globalmente o valor 2,70 (relação *output* / *input*), sendo

que a proporção das despesas energéticas totais se dividiram, principalmente, com adubos (47%), nitrogenados de forma particular, trabalho humano (14,2%) e gado (9,4%).

Cultivos de milho, trigo, batata e maçã utilizando tecnologias "convencionais" e orgânicas, estas sem agrotóxicos e fertilizantes químicos sintéticos, foram avaliados por Pimentel et al. (1983) nos EUA, com o intuito de comparar o aproveitamento energético dos agroecossistemas. Os autores concluíram que as produções orgânicas de milho e trigo tiveram um aproveitamento energético maior do que as produções convencionais, de 29% e 70%, respectivamente. Os autores sustentaram ainda que nos quatro agroecossistemas orgânicos o consumo de mão-de-obra por unidade produzida foi maior.

Dazhong & Pimentel (1984b) analisaram energeticamente, por um período de três anos, um agroecossistema orgânico tradicional localizado no nordeste da China. Os autores apontaram uma auto-suficiência do agroecossistema em termos de energia, além de um consumo de energia fóssil no interior da matriz energética menor que 2%. Registrou-se também uma relação consumo e produção calórica de 1:2.

Enquanto sistema global de produção, Carmo et al. (1988) trabalharam índices de eficiência energética, através da análise de relações estabelecidas entre produção e consumo calóricos, em propriedades agrícolas "não convencionais": orgânicas, biodinâmicas, biológicas e naturais. O peso maior da distribuição das energias aplicadas nas propriedades recaiu sobre as energias de origem biológica frente às de origem fóssil.

Em estudo comparativo realizado na França, especificamente na planície de Langres, região de Côte d´Or, entre sistemas denominados "convencional" e "biológico" de produção agrícola, Risoud (1996) apresentou como um importante

resultado, em nível de exploração agrícola, a dependência de energia fóssil por hectare do sistema de produção "convencional" ser três vezes maior que o do sistema "biológico".

4.4.3 Por propriedade

Palma & Adams (1984) ao estudarem uma propriedade agrícola em seus aspectos econômicos e energéticos, objetivando compatibilizá-los, concluíram que a combinação de recursos dependentes de energia fóssil com trabalho humano e animal e a integração lavoura e pecuária tendem a melhorar substancialmente a relação energia contida na produção/energia consumida, portanto a eficiência energética da propriedade, sem comprometer a eficiência econômica da mesma. Quesada & Beber (1989) chegaram a mesma conclusão que Palma & Adams (1984), ao fazerem um planejamento comparativo de propriedades médias utilizando coeficientes técnicos de alguns produtos da lavoura e pecuária do Estado do Rio Grande do Sul.

O trabalho de Carmo et al. (1988), referido anteriormente, enquadra-se também numa avaliação energética cuja categoria de análise estabeleceu-se "por propriedade", uma vez que estudou-se as relações calóricas apresentadas por propriedades rurais conhecidas como de cultivo "alternativo".

Beber (1989), ao estudar processos de produção e relação energia embutida na produção/energia consumida em pequenas propriedades, alertou para o perigo da manutenção do modelo tecnológico altamente consumidor de energias não-renováveis para algumas culturas e mesmo a substituição delas, se persistir o modelo tecnológico.

Da mesma forma que Carmo et al. (1988), o estudo de Risoud (1996), já apresentado, pode adequar-se numa análise energética por propriedade, ou como expressou a autora, por exploração agrícola. Os resultados obtidos permitiram concluir que

a propriedade ou exploração que foi caracterizada como “biológica” apresentou uma eficiência energética global menor que a exploração caracterizada como “convencional”. A autora chamou atenção, porém, a respeito das comparações terem de ser realizadas em explorações com o mesmo grau de especialização na produção, o que não foi o caso por ela apresentado.

Pinto (2002), levando em conta aspectos econômicos e energéticos, elaborou cenários para implantação de um SAF (sistema agroflorestal) em terras indígenas do município de Avaí no Estado de São Paulo. Em sua pesquisa, foi planejada a implantação do SAF com seringueira, três variedades de palmito (pupunha, juçara e gueroba), feijão e milho.

Na avaliação energética, construiu-se dois cenários, sendo o primeiro com utilização de uréia e o segundo substituindo seu uso por biofertilizante. Os resultados foram apresentados em termos da relação EFA (energia final aproveitável) e EIA (energia injetada na agricultura), ou seja, EFA / EIA, e na composição percentual dos tipos de energia utilizada (biológica, fóssil e industrial).

4.4.4 Por tamanho de propriedade

Buttel & Larson (1979) afirmam existir evidências que apontam para uma relação energia contida na produção/energia consumida baixa em lavouras implantadas em grandes propriedades nos Estados Unidos. Essa correlação, no entanto, não fica tão clara ao tratar-se de pecuária. Os autores recomendaram políticas sociais de reversão da tendência de aumento do tamanho das propriedades.

Analisando sistemas de produção leiteira em Portugal, Barros, apud Macedônio (1987) apontou resultados nos quais o maior rendimento energético situa-se em explorações de menor área total.

Carvalho (1980), ao estudar 41 explorações agrícolas portuguesas na zona vitícola de Dois Portos, afirmou que o rendimento energético global das "pequenas" e "médias" explorações atingiu maior eficiência que nas "grandes" ou "muito pequenas" explorações, sem, no entanto, tipificar as explorações quanto os limites de dimensão.

Hetz & Bórquez (1987), em trabalho de determinação das necessidades energéticas para o cultivo de milho em região do Chile, observado anteriormente, afirmaram existir um gasto energético maior, aproximadamente 1.000 Mcal x ha^{-1}, entre os agricultores com propriedades maiores de 10 ha e ocupadas totalmente pela cultura do milho.

Fuentes (1987), em estudo já citado, não verificou diferenças estatísticas significativas entre o consumo energético total e os gastos parciais de energia (combustível, nitrogênio, fósforo, agroquímicos e mão-de-obra) quando comparados produtores de milho em grão com áreas de dimensões variadas, até 10 ha e superiores a esse valor.

O trabalho de Pinto (2002), construindo cenários para a implantação de SAF em terras indígenas, observado anteriormente, integra-se também nesta categoria de análise energética, uma vez que em suas conclusões recomendou-se a implantação do SAF em áreas de tamanho reduzido, objetivando a sustentabilidade econômica e calórica do sistema.

Em função da importância do agroecossistema milho no panorama mundial, brasileiro, paulista, junto a agricultura familiar, a assentamentos rurais

localizados no Estado de São Paulo e particularmente junto a Copava, o presente trabalho procedeu estudos calóricos na categoria de análise energética que privilegia a abordagem por produto.

4.5 A importância do agroecossistema milho

4.5.1 Em nível mundial

A importância da produção de grãos no mundo pode ser observada por alguns de seus números. A seguir apresenta-se um panorama geral da situação produtiva mundial de alguns grãos, inclusive o milho, cuja produção é inferior apenas à do trigo e do arroz (ABIMILHO, 2002).

Na safra 1996/1997 a produção mundial de soja atingiu, aproximadamente 132,2 x 10^6 t, tendo o Brasil ocupado o segundo lugar com 20,27% do total. Em 1999, o Brasil mantém a posição com participação de 19,7%, abaixo dos EUA (47,7%) e acima da Argentina (11,8%), China (8,8%) e Índia (3,5%), também grandes produtores mundiais (Porkworld, 2002a).

Com relação ao trigo, dados apontaram para um decréscimo da produção verificado nas safras agrícolas 1997/1998, 1998/1999 e 1999/2000 variando de 609,9 x 10^6 t, 588 x 10^6 t a 572,4 x 10^6 t, respectivamente. O Brasil tem pouca expressão mundial na produção dessa cultura, atingindo, entre os anos agrícolas citados, a produção máxima de 2,5 x 10^6 t, em 1999/2000, representando 0,4% do que é produzido mundialmente (Porkworld, 2002b).

Em 1999, o panorama mundial da produção de milho apontava os primeiros 11 países produtores e suas respectivas participações percentuais, com relativo destaque para a produção brasileira. Assim, EUA (39,93%), China (21,03%), Brasil

(5,36%), México (3,05%), França (2,60%), Argentina (2,20%), Índia (1,75%), Romênia (1,67%), Itália (1,66%), Indonésia (1,52%) e Canadá (1,52%) produziram aproximadamente 82,3% do total mundial (Porkworld, 2002c).

Ao longo de algumas safras, partindo de 1996/1997, o Quadro 1 permite uma melhor observação da evolução da produção mundial de milho.

Quadro 1. Produção mundial de milho em grãos, safras 1996/1997 a 2000/2001, em t x 10^6

Safra	Produção
1996/1997	591,2
1997/1998	575,4
1998/1999	605,9
1999/2000	604,4
2000/2001	614,9

Fonte: World Agricultural Supply and Demand Estimates – USDA, apud Porkworld (2002d).

4.5.2 No Brasil e na agricultura familiar

A produção de milho em grão ocupa lugar de destaque no cenário brasileiro. A produção nacional passou de 31,12 x 10^6 t, em 2000 para 36,77 x 10^6 t em 2001 (Porkworld, 2002e). Entre 1996 e 2001[5], a produtividade passou de 41,32 sacas de 60 kg x ha^{-1} para 55,82 sacas.

Estudos da FAO/INCRA (1996) relataram que 44,8% do milho produzido no Brasil era cultivado pela chamada agricultura familiar. Cabe destacar, para esta organização social da produção no país, que ela ocupava 22% da área total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros em 1985, englobando cerca de 14 milhões de pessoas, ou seja, 59% do pessoal ocupado no setor agrícola. Do ponto de vista econômico,

a participação da agricultura familiar no valor total da produção dos estabelecimentos agropecuários representou 28%. Os autores fazem ressalva de que esses estabelecimentos tiveram acesso a apenas 11% do total dos financiamentos disponíveis.

Em nível nacional, segundo INCRA/FAO (2000), a participação dos estabelecimentos agropecuários familiares especificamente no VBP (valor bruto da produção) de milho atingiu 48,6%, praticamente a metade de todo o VBP do milho produzido no Brasil.

4.5.3 No Estado de São Paulo

Campos & Bueno (1999), ao analisarem a produção, capacidade e estrutura de armazenagem dos principais grãos e café em coco nos estabelecimentos agropecuários do Estado de São Paulo, apontaram que o milho foi responsável por 61,64% da quantidade total colhida na safra 1995/96 (FIBGE, 1998). Os autores afirmaram ainda que aproximadamente 1,05 x 10^6 t, representando 38,35% do total colhido de milho em grão, tinham origem em estabelecimentos agropecuários com área total menor que 100 ha. Dessa forma, evidenciou-se não apenas a importância da cultura do milho no Estado, como também a significativa participação dos estabelecimentos agropecuários de área reduzida na quantidade total colhida de milho em grão. Por fim, inferem os autores (p.14) *"(...) que uma parcela significativa da produção familiar situa-se nessa condição, ou seja, estratos de área total de até 100 hectares (...)"*.

No Estado de São Paulo, a área em produção, não contabilizando o cultivo do milho "safrinha", segundo IEA (2002), manteve-se estabilizada, entre 1996 a 2000, no patamar dos 700 mil hectares, com uma produção crescente de

[5] Dado ainda não consolidado / segue estimativa.

aproximadamente 41,7 x 10^6 para cerca de 45,5 x 10^6 sc respectivamente, e uma produtividade em torno de 3.600 kg x ha^{-1}. No ano de 2001 foi registrado um relativo acréscimo, tanto em área, quanto em produção, uma vez que verificou-se uma área em produção de 786.165 ha e uma produção igual a 55,8 x 10^6 sc. A evolução do rendimento no período, é apresentado, comparativamente ao do País, no Quadro 2.

Quadro 2. Produtividade do milho, Brasil e Estado de São Paulo, 1996 a 2001, em kg x ha^{-1}

Ano	Brasil	Estado de São Paulo*
1996	2.479	3.461
1997	2.622	3.546
1998	2.796	3.568
1999	2.776	3.812
2000	2.718	3.855
2001	3.349**	4.259

Fonte: IEA, 2002.
* Rendimento sem contabilização do milho "safrinha".
** Não consolidado / estimativa.

4.5.4 Nos assentamentos rurais paulistas

Frente a importância da exploração agrícola familiar, é necessário registrar o papel que assumem os assentamentos rurais no cenário brasileiro. Um instrumento que não apenas os garanta, mas amplie suas possibilidades é uma política responsável de democratização do acesso à terra, onde os horizontes sejam os mais amplos possíveis. Nesse sentido, de acordo com a FAO, apud Santos Júnior & Andrade (1998, p.11) *"(...) a reforma agrária não é uma finalidade em si mesma(...) é um meio para o fortalecimento da agricultura familiar(...)"* colocando-a *"(...) no centro das políticas agrárias e de desenvolvimento sustentável"*.

Pesquisa do ITESP (1998a) apontou, em 1998, a presença de 87 assentamentos rurais no Estado, organizados nas mais diversas formas e com finalidades variadas, como produção, comercialização e defesa de interesses comuns. Do total, 79 assentamentos foram classificados como "definitivos", ou seja, possuíam *"(...) lotes de dimensão adequada à manutenção e progresso econômico das famílias (...)"* (p.15). O total de assentamentos abrigava 5.645 famílias, totalizando 24.822 pessoas.

O mesmo estudo, referente a safra agrícola 1997/1998, apontou o milho como sendo a cultura de maior importância nos assentamentos rurais do Estado de São Paulo, seja pela área ocupada (11.446,37 ha, correspondendo a 39,40% da área total utilizada por culturas anuais), número de famílias envolvidas (2.864, representando 35,47% do total do número de produtores) ou presença nos lotes (aproximadamente 50%). Em termos de valor da produção, segundo ITESP (1998b), a cultura do milho ocupou o segundo lugar, atingindo R$ 3.464.731,00, ficando atrás apenas do leite. Entre os produtos agrícolas mais expressivos, safra 1997/1998, o milho atingiu o primeiro lugar em produção, com 27.862 t.

No interior dos assentamentos rurais, ITESP (1998b) encontrou índices de produtividade significativos. A cultura do milho foi apontada como exemplo (além do feijão e trigo), dado que o índice mínimo exigido pelo INCRA no Estado de São Paulo para verificar se as propriedades eram ou não produtivas atingia 1,9 t x ha^{-1}, enquanto que o índice médio de produtividade do estado chegava a 3,54 t x ha^{-1} e os índices dos assentamentos paulistas no mesmo ano agrícola variaram entre 2,23 t x ha^{-1} a 5,09 t x ha^{-1}. Esses valores apontaram para uma relação positiva entre índices dos assentamentos em São Paulo e índices do INCRA oscilando de 17% a 168%. Ainda a mesma fonte (ITESP, 1998b), indicava uma importante participação dos assentamentos rurais na área plantada paulista, em que pese ocuparem 0,54% da área total agricultável e

responderem por 2,03% das unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo. Assim, os assentamentos eram responsáveis por 11,68% da mamona, 8,47% da mandioca com destino industrial, 5,19% do feijão de inverno, 4,70% da mandioca de mesa, 4,64% do feijão da seca, 3,12% do algodão, 2,31% do feijão das águas e 1,64% da área com milho. Na safra 1996/97, os assentamentos rurais detinham 4,46% do rebanho leiteiro estadual.

4.6 Infra-estrutura e organização dos assentamentos rurais no Estado de São Paulo

A infra-estrutura de produção nos assentamentos rurais do Estado de São Paulo é razoável. O Quadro 3 demonstra esse aspecto sob a ótica da tração mecânica e animal disponíveis e utilizadas nos variados itinerários técnicos das diversas culturas existentes.

Quadro 3. Distribuição percentual de máquinas agrícolas, animais de trabalho e implementos de tração animal nos assentamentos rurais do Estado de São Paulo, safra 1996/1997

Tipo e número de máquinas, implementos e animais de trabalho utilizados	**Lotes beneficiados (em % do total)**
Tratores (739)	30,00

continua...

Continuação do Quadro 3.

Tipo e número de máquinas, implementos e animais de trabalho utilizados	**Lotes beneficiados (em % do total)**
Colhedoras (25)	3,29
Semeadoras/adubadoras (373)	19,91
Pulverizadores motomecanizados (214)	14,26
Trituradores de forragens (866)	20,11
Animais de trabalho*	63,86
Cultivador*	22,34
Arado*	25,68
Semeadora*	10,74
Carroça*	31,19

Fonte: ITESP (1998c).
* Quantificação não disponível.

Os assentamentos rurais não se apresentavam como um todo homogêneo. Como foi assinalado, os produtores se organizavam de diversas maneiras e com finalidades variadas. Segundo o ITESP (1998a), a organização observada entre as famílias, *"(...) em contraposição à forma individual, em parte é atribuída à necessidade de obtenção de recursos técnicos e financeiros que, de forma individual, nem sempre se tem condições de adquirir"* (p.47).

O estudo realizado pelo Instituto, demonstrou que aproximadamente 70% do total de famílias assentadas organizou-se de alguma forma. Existiam 126 grupos informais, 43 Associações e 25 Cooperativas, uma delas a Copava, estudada neste trabalho. Em termos percentuais, 35,58% das famílias de assentados rurais participavam de Cooperativas, 22,60% de grupos informais e 13,69% de Associações.

Com relação à finalidade, as formas de organização existentes atuavam, de maneira prioritária, na produção (52,06%), na prestação de serviços (22,68%), na comercialização (7,73) e no exercício político de defesa dos interesses comuns (5,67%).

4.7 A demanda por terra no Brasil

O processo de desenvolvimento adotado pelo País privilegiou, ao longo do tempo, grandes propriedades agrícolas, verificando-se o desdobramento da monocultura e do êxodo rural por um lado; e implantação e solidificação do parque industrial urbano, subordinação da agricultura a esse processo e deterioração da cidadania por outro.

Os conflitos fundiários são uma realidade no cotidiano brasileiro, assim como discussões sobre o papel de políticas mais contundentes de democratização do

acesso a terra. Há discussões no sentido de entender que essas políticas poderiam vir a propiciar fixação de famílias no meio rural, um aumento da produção e produtividade agrícolas, novas formas de organização social da produção e itinerários técnicos que priorizassem aspectos ecológicos, energéticos, culturais e políticos.

Nesse sentido, estudos estimaram um número potencial de demandantes por terra no Brasil, orientando possíveis políticas públicas para o setor.

Projeto da FAO/INCRA (1998), considerando *"(...) que o total de famílias, demandantes potenciais de terra, seria a soma de todos os ocupantes, parceiros e arrendatários, acrescidos de 25% dos assalariados permanentes e temporários, e uma parcela de proprietários responsáveis por estabelecimentos menores que 10 hectares (minifundistas)"* (p.52), apontou projeções para o Brasil e para as unidades da federação, referentes aos anos de 1998, 2000, 2003 e 2005. Para não haver dupla contagem, procedeu-se a adaptações dos dados coletados pelo IBGE e, após ajuste por meio de uma equação de regressão, chegou-se a valores projetados para 2000, de 85,9 milhões de famílias demandantes por terra e área correspondente a 2,46 milhões de hectares; 2003, em torno de 2,21 famílias demandantes e área estimada de 77,7 milhões de hectares; e 2005, cerca de 2,06 milhões de famílias com área calculada de 72,9 milhões de hectares. O trabalho teve o cuidado de ressalvar que os resultados apontados dependeriam da eficácia de programas estruturados de reforma agrária implantados no Brasil durante o período.

Tomando como base dados do Censo Agropecuário de 1995/1996 e PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio) de 1995, BRASIL (2000) estimou um público potencialmente beneficiário de ações fundiárias no Brasil variável entre 3,1 e 6,4 milhões de famílias, dependendo da fonte e dos critérios utilizados. Segundo a pesquisa, a maioria dessas famílias residiam na região Nordeste, seguida pelas regiões Sudeste e Sul.

A variação das estimativas do público potencial, indicadas anteriormente, deveu-se ao critério utilizado. Assim, levando-se em conta apenas as famílias de assalariados e de desempregados no campo, o público potencial atingiu 3,1 milhões de famílias. Por outro lado, somando-se o número total das famílias que viviam preponderantemente da atividade agrícola (2.636.014), o número de famílias de desempregados rurais (64.670) e a menor das estimativas do total de famílias com área insuficiente e/ou acesso precário à terra (3.419.169), chegou-se ao número de 6,1 milhões de famílias. Tomando somente as informações da PNAD, o estudo concluiu como sendo 6,4 milhões o número total de famílias potenciais beneficiárias de programas de assentamentos rurais.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido junto à Copava, no interior da Área III do Projeto de Assentamento de Trabalhadores Rurais Pirituba II[6], localizada no município de Itaberá, sul do Estado de São Paulo.

Fundada em novembro de 1993, a Copava agregava, em 2000, 159 pessoas, 115 adultos e 44 crianças, totalizando 39 famílias de trabalhadores assentados associados.

O planejamento geral e diversos projetos como pecuária de leite e corte, suinocultura, apicultura, olericultura (hortas comunitárias e medicinais), beneficiamento de produtos orgânicos, comercialização, aquisição e manutenção de máquinas e implementos, construções rurais e mercearia, além de outros cultivos agrícolas e áreas de reserva, estão sob a administração da Copava.

As principais características da Copava, enquanto Cooperativa de Produção Agropecuária (CPA), referem-se a atuar, de acordo com Araújo (2000, p.48), como *"(...) uma empresa de produção, gestão e trabalho coletivos (...)"*, na qual *"(...) a terra e o capital estão sob controle do coletivo, isto é, da Copava (...)"*; além disso, *"(...) a*

[6] O Assentamento Pirituba, iniciado em dezembro de 1986, ocupa uma área total de 8.007,64 hectares. Atualmente é dividido em seis Áreas, abrigando 359 famílias.

organização das atividades se dá por setores (...), todos com os respectivos coordenadores, eleitos a cada dois anos (...)"; e como visto anteriormente, *"(...) o planejamento da produção está sob controle da Copava, isto é, os sócios cooperados são os responsáveis pela organização e pela implantação do planejamento agrícola"*. Operacionalmente, continua o autor (p.48-49): *"(...) Cada setor elabora seu respectivo planejamento e o encaminha ao Setor de Planejamento da Copava. As discussões e a aprovação finais se dão na Assembléia.(...)"*, instância máxima de deliberação.

No que se refere a atividades agrícolas, pecuária leiteira, avicultura e olericultura, tinha-se como finalidade a subsistência das famílias, sendo comercializado apenas o excedente. As demais atividades possuíam como foco principal o mercado. Observa-se, todavia, que a suinocultura e a apicultura encontravam-se em estágio inicial de produção. No ano agrícola 1999/2000, a área cultivada atingiu 357,50 ha, divididos conforme o Quadro 4.

Quadro 4. Área cultivada pela Copava, por produto, ano agrícola 1999/2000, em ha

Cultura	**Área cultivada**
Milho	302,50
Arroz	41,00
Feijão	12,00
Amendoim	2,00
Total	**357,50**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

A safra de milho estudada nesta pesquisa refere-se ao ano agrícola 1999/2000 por ser considerada uma safra típica, sem ocorrência significativa de intempéries e com registro de dados organizados e detalhados.

Semeou-se milho em três glebas diferentes, uma delas com 135,52 ha e outras duas com 58,08 ha e 108,90 ha, sendo que as duas primeiras apresentaram o mesmo itinerário técnico, inclusive mais representativo em termos da realidade em

assentamentos rurais no Estado de São Paulo. No Quadro 5 encontram-se informações sobre ambas as áreas, quanto a produção obtida e produtividade por hectare. A maior gleba foi a que apresentou melhor detalhamento e maior quantidade de informações, razão pela qual foi utilizada neste estudo.

Quadro 5. Gleba, área, produção e produtividade do agroecossistema milho de mesmo itinerário técnico. Copava, safra 1999/2000

Gleba	**Área (ha)**	**Produção**		**Produtividade**	
		kg	sc	kg x ha^{-1}	sc x ha^{-1}
1	135,52	648.480	10.808	4.785,12	79,75
2	58,08	275.760	4.596	4.747,93	79,13
Total	**193,60**	**924.240**	**15.404**	**4.773,97**	**79,57**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Após a determinação da gleba a ser pesquisada, o estudo de campo iniciou-se pela reconstituição do itinerário técnico do agroecossistema milho, através de relatos orais, planilhas e cadernetas de campo. Dessa forma, nove operações o compuseram: subsolagem, calagem, gradagem (esta operação contendo duas gradagens de nivelamento em momentos subseqüentes), semeadura e adubação, adubação em cobertura, capina com tração animal, capina manual, colheita mecanizada e transporte interno, este realizado no planejamento, implantação, desenvolvimento e parte final da cultura.

A partir daí, cada operação foi detalhada no sentido de identificar e especificar, o(s) tipo(s) de máquina(s) e implemento(s) utilizado(s), os insumos usados, bem como suas quantidades, e a mão-de-obra envolvida, quantificando-a e determinando, individualmente, a massa, altura, idade e gênero de seus membros. Seguiu-se, então, a conversão das diversas unidades físicas encontradas em unidades energéticas. O coeficiente de tempo de operação em cada operação e por unidade de área (hectare), também foi determinado.

De acordo com Risoud (1999) a unidade utilizada atualmente em estudos de eficiência energética é aquela do sistema internacional, ou seja, o Joule e seus múltiplos, principalmente megajoules (MJ). Neste trabalho adotou-se 0,24 como índice de conversão de Joule (J) em caloria (cal) e o índice de 4,1855 na conversão de caloria em Joule. A apresentação final dos dados é aproximada em duas casas decimais.

A jornada de trabalho, os coeficientes de tempo de operação por unidade de área ou rendimento, a identificação das máquinas, implementos e equipamentos; suas especificações e respectivos consumos de combustível, lubrificantes e graxas, além da quantificação da mão-de-obra utilizada, por operação, constam do Quadro 1A do Apêndice.

É de grande relevância ressaltar que os procedimentos metodológicos adotados e apresentados a seguir estão embasados e justificados na revisão de literatura, encontrados no Capítulo anterior.

5.1 Mão-de-Obra

Com relação ao cálculo da energia investida pelos agricultores nas diversas operações que caracterizaram o itinerário técnico, discriminou-se a mão-de-obra envolvida procedendo anotações individuais, em formulário próprio e determinadas por entrevistas e medições realizadas no posto de saúde local, que apontaram o gênero, massa, altura e idade de cada um, associando-o à operação desenvolvida (Quadro 2A, Apêndice).

De posse desses dados, determinou-se o GER ou metabolismo basal (MB) de cada agricultor e agricultora por intermédio das equações 10 e 11 (Mahan & Escott-Stump, 1998), a seguir. As equações expressam o GER em kcal necessitando, posteriormente, converter o resultado para MJ.

GER = 66,5 + 13,75 P + 5,0 A – 6,78 I para o gênero masculino; e **Eq. 10**

GER = 655 + 9,56 P + 1,85 A – 4,68 I para o gênero feminino, **Eq. 11**

sendo:

P = massa, em kg;

A = altura, em cm; e

I = idade; em anos completos.

A metodologia utilizada seguiu Carvalho et al. (1974), na qual a necessidade calórica final diária é o somatório da divisão em três períodos, ou frações, segundo o modo de ocupação em número de horas: tempo de sono, tempo de trabalho e tempo de ocupações não profissionais (entendida, segundo Bramsel, apud Carvalho et al., 1974, por refeições, higiene, deslocamentos, distrações, etc.). Calculou-se, então, a fração X/6 do GER, mantendo-se inalteradas as frações correspondentes ao tempo de sono (2/6 do GER 24 h) e ocupações não profissionais (3/6 do GER 24 h). O período ou frações de 24 horas, então, é primeiramente divido igualmente em três. Nesse estudo, quando o período de trabalho excedia 8 horas - no caso das operações de subsolagem, gradagem, e colheita - retirou-se esse tempo daquele reservado às ocupações não profissionais, preservando o período de repouso.

Como foi apresentada uma relação entre o tempo de trabalho gasto em cada operação por unidade de área, o dispêndio final diário pode ser expresso em MJ x ha^{-1}.

Uma vez que as operações e seus detalhamentos exigem níveis diferentes de dispêndio energético, adotou-se os valores apresentados em Carvalho et al. (1974) para atividades similares. Aquelas atividades não similares foram, então, correspondidas pela experiência dos agricultores em ordem decrescente de sensação de dispêndio de energia: capina com tração animal, capina manual, calagem, transporte de sementes e fertilizantes, aplicação de adubo em cobertura, semeadura e adubação e condução de trator ou colhedora ou caminhão.

No Quadro 6 exposto a seguir, apresenta-se as frações do dispêndio de energia dos agricultores, em 8 horas, por tipo de trabalho, descritas em Carvalho et al. (1974):

Quadro 6. Dispêndio de energia de agricultores por tipo de trabalho agrícola, em fração correspondente ao GER

Tipo de trabalho	**Dispêndio de energia**
Condução de trator	3/6 do GER 24 h
Pulverização com equipamento manual motorizado	5/6 do GER 24 h
Envarar parreira	6/6 do GER 24 h
Pulverização com equipamento manual dorsal, poda	7/6 do GER 24 h

continua...

Continuação do Quadro 6.

Tipo de trabalho	**Dispêndio de energia**
Colocação de tutores e envarar parreira, aplicação de herbicida (pulverizador dorsal manual), plantio de batatas	8/6 do GER 24 h
Colheita, capinação de batatas	9/6 do GER 24 h
Coveamento	14/6 do GER 24 h

Fonte: Adaptado e traduzido de Carvalho et al. (1974, p.35).

Antes de ser apresentado um exemplo, o Quadro 7 apresenta as relações adotadas entre as atividades e frações de energia dispendida no trabalho original e as adaptações comparativas realizadas pelos agricultores no agrecossistema milho estudado, preservando, dentro do possível, os dados existentes da literatura:

Quadro 7. 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**	
Conduzir o tractor	Condução de trator, colhedora e caminhão	3/6 do GER 24 h
Atomização (com canhão)	Plantio e adubação	5/6 do GER 24 h
Empa	Adubação de cobertura	6/6 do GER 24 h
Atomização (com atomizador de dorso), poda, poda (talha), vindima	Transporte de sementes e adubos	7/6 do GER 24 h
Colocar tutores e empar, aplicação de herbicida (pulverizador de dorso), fornecer calda, plantar batatas ao rego	Aplicação de calcário	8/6 do GER 24 h
Raspa, sachar batatas, tapar enxertia e espetar paus	Capina manual	9/6 do GER 24 h
Abrir covas para fixação de esteios, cava	Capina com tração animal	14/6 do GER 24 h

Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (1974, p35) e dados da pesquisa de campo.

Dessa forma, apresenta-se no Quadro 8 os seguintes valores de despesa energética referentes a um dia, e tomando como exemplo um agricultor tratorista tendo como operação a 1ª gradagem, com rendimento de 37'11"/ha, com massa igual a 54 kg, altura de 164 cm e idade completa de 51 anos, portanto GER igual a 5,37 MJ:

Quadro 8. Procedimento de cálculo das necessidades calóricas referentes a 24 horas para o agricultor estudado

Ocupação	**Horas x dia^{-1}**	**MJ x 8 horas^{-1}**	**MJ x dia^{-1}**	**MJ x h^{-1}**	**MJ x ha^{-1}**
Tempo de sono	8,00	2/6 do GER (*) 24 h	1,79	0,07	0,04
Trabalho					
- 1ª gradagem	12,00	3/6 do GER (*) 24 h	4,03	0,17	0,10
Ocupações não profissionais	4,00	3/6 do GER (*) 24 h	1,34	0,06	0,04
Total	**24,00**		**7,16**	**0,30**	**0,18**

(*) Igual a 5,37 MJ.
Fonte: Dados da pesquisa de campo.

O exemplo do Quadro 8 aponta para uma despesa energética total do agricultor tratorista, por 24 h, de 7,16 MJ, ou seja, 0,30 MJ x h^{1}. Como o trabalho ocupou, por hectare, um intervalo de tempo igual a 37'11", o dispêndio energético pela unidade de área utilizada igualou-se a 0,18 MJ. Esse valor foi utilizado para compor a planilha ou matriz energética de "entradas" calóricas para o trabalho de primeira gradagem.

5.2 Sementes

A operação de semeadura e adubação de plantio foi realizada em conjunto pelo mesmo equipamento.

O material genético utilizado foi semente de milho híbrido 1051, na quantidade de 16,53 kg x ha^{-1}. O valor energético adotado por quilo de semente de milho híbrido foi de 7.936,64 kcal (Pimentel, 1973), totalizando uma "entrada" energética de 131.192,66 kcal x ha^{-1} (549,11 MJ x ha^{-1}).

5.3 Animais de trabalho

Com relação ao dispêndio de energia dos animais de trabalho, tendo em vista a composição da planilha ou matriz energética do sistema milho, a metodologia computou como gasto calórico por hora de trabalho o valor de 2.400 kcal x h^{-1} de trabalho, tomando por base dados de Odum (1967) e Heichel (1973). Como foram utilizados seis conjuntos de tração animal, o dispêndio calórico total dos animais foi de 14.400 kcal x h^{-1} (60,27 MJ x h^{-1}).

5.4 Combustível, óleo lubrificante e graxa

O consumo de óleo Diesel, óleos lubrificantes e graxa foi determinado pelas planilhas/cadernetas de campo e medições *in loco*, somente utilizando 14% como fator de insumo-produção para o poder calorífico do óleo Diesel, obtendo-se e mantendo-se os coeficientes energéticos de 10.442,4 kcal x l^{1} (43,71 MJ x l^{1}) para o óleo Diesel, de 9.420 kcal x l^{1} (39,43 MJ x l^{1}) para os óleos lubrificantes e 10.361,52 kcal x kg^{-1} (43,37 MJ x kg^{-1}) para a graxa (BRASIL, 1999).

5.5 Máquinas e implementos

A depreciação energética das máquinas e implementos foi obtida pela equação 9 e dados de campo; ou seja,

depreciação energética = a + b + c + d / vida útil (h)

onde,

a = peso das máquinas e implementos x coeficientes energéticos correspondentes

b = 5% de 'a'

c = número de pneus x peso x coeficiente energético de referência

d = 12% de (a + b + c);"

sendo que sempre quando possível e acompanhando Mello (1986), que considerou óleos lubrificantes e graxa como itens relativos à manutenção, substituiu-se o percentual de 12% de manutenção por valores coletados em campo ou de planilhas referentes aos gastos reais

de óleos lubrificantes e graxa. Não sendo possível essa obtenção, utilizou-se dados de literatura.

Três modelos de tratores marca Valmet foram utilizados durante o itinerário técnico: 785 fruteiro, 980 4X4 turbo (BM110, a partir de junho de 2001) e 985 S. Registrou-se potências diferenciadas entre cada um, variando, de acordo com seus prospectos, entre 67, 86,9 e 105 cv, respectivamente.

A massa final "em ferro" de cada um deles foi calculada a partir do peso de embarque informado nos catálogos respectivos (Quadro 3A, Apêndice). Por peso de embarque Borges (2001)[7] entende o peso do trator, sem contrapesos, sem água nos pneus, sem operador e tanque de combustível com somente 20 litros de óleo Diesel. Assim, subtraindo-se a massa de cada um dos pneus especificados em campo e obtida em catálogos (ver Quadro 3A, Apêndice) e do óleo Diesel (utilizando-se uma densidade média representativa igual a 0,77) e somando-se as massas dos contrapesos, uma vez que na aquisição dos tratores optou-se pela presença deles em suas versões "standard" – STD (Quadro 4A, Apêndice), chegou-se muito próximo ao peso final "em ferro" dos tratores, a ser utilizada no cálculo da depreciação energética.

No caso do gasto com graxa, obteve-se, por relatos orais e verificação *in loco*, o número de pontos, momento (Quadro 5A, Apêndice) e a massa utilizada por máquina/implemento/equipamento. O resultado da massa de graxa utilizada partiu da pesagem da quantidade de graxa por injeção da engraxadeira (0,0067 kg) e o número de injeções realizadas (ver Quadro 5A, Apêndice). Estabeleceu-se a relação do tempo gasto por equipamento em cada operação do itinerário técnico, resultando daí a massa final da graxa utilizada por hectare.

[7] BORGES, S. (Valtra do Brasil S. A.). Comunicação pessoal, 2001.

No caso dos óleos lubrificantes o procedimento foi basicamente o mesmo, utilizando-se, porém, dados de catálogo (conforme Quadro 6A, Apêndice).

A recomendação em termos de vida útil e horas de uso por ano das máquinas e implementos agrícolas (Quadro 7A, Apêndice) foi obtida em ASAE, apud Leonardo Júnior (2000).

Quanto ao transporte interno os dados primários, retirados da planilha da Copava, indicaram um total rodado no ano agrícola 1999/2000 de 13.584 quilômetros, dos quais 20% utilizados no agroecossistema milho estudado (2.716,8 km). Utilizando-se a média de 5 horas de trabalho x dia^{-1}, no intervalo de 150 dias da cultura como um todo, chegou-se ao valor de 750 horas de trabalho referente ao transporte interno adequado ao itinerário técnico adotado e realizado por caminhão.

Assim expostos, os valores médios alcançaram 3,62 km rodados a cada hora de trabalho e 20,05 km rodados x ha^{-1}, correspondendo ao tempo médio gasto em transporte interno no agroecossistema milho de 5,54 h x ha^{-1}, ou 5h 32´ 24” x ha^{-1}.

Os 135,52 ha de área foram colhidos mecanicamente num intervalo de 14 dias. Dados de campo revelaram que colheu-se 4.785,12 kg de grão x ha^{-1} em 1,24 horas, totalizando 46.307,61 kg (771,79 sacas) por dia de 12 horas de trabalho, 3.858,99 kg x h^{-1}.

Em função da capacidade do graneleiro da colhedora (3.360 kg), o mesmo era carregado em 0,87 h, ou 52’12”.

Como a capacidade da carreta graneleira acoplada ao trator era superior em duas vezes à do graneleiro, ou seja, 6.720 kg, o conjunto trator/carreta aguardava duas cargas completas do graneleiro para, então, transportar os grãos para perto da área cultivada onde eram depositados em caminhões de compradores. O consumo de óleo Diesel do trator nessa operação foi de 7,44 l x ha^{-1}.

Dados primários levantados junto às planilhas de trabalho indicaram um gasto de tempo total de operação do conjunto trator/carreta (recepção dos grãos, transporte, descarregamento e retorno) frente ao trabalho da colhedora variando entre 50 e 75%. Neste trabalho adotou-se a média desse tempo, ou seja, 62,5%.

Assim, para cada hectare de colheita mecanizada, o tempo gasto pelo conjunto trator/carreta foi de 0,775 h, ou 46'30" x ha^{-1}.

O trabalho de carregamento dos caminhões foi realizado por trabalhadores contratados pelo comprador, razão pela qual a energia dispendida por essa mão-de-obra não foi contabilizada, restringindo-se a análise assim, exclusivamente aos gastos calóricos verificados na fase agrícola do milho referente aos agricultores assentados.

5.6 Corretivo de solo e fertilizantes químicos

5.6.1 Corretivo de solo

A análise de solo apontou a necessidade de calagem e adubação de plantio, além de cobertura. Utilizou-se 2.479,34 kg x ha^{-1} de calcário dolomítico, distribuindo-os em vários pontos da área, para posterior espalhamento. Uma vez que adotou-se como equivalente energético o valor de 40 kcal x kg^{-1} desse insumo (Serra et al.,1979; Castanho Filho & Chabariberi, 1982; Comitre, 1993; Sartori, 1996 e Pinto, 2001) totalizou-se 99.173,60 kcal x ha^{-1} (415,09 MJ x ha^{-1}).

5.6.2 Fertilizantes químicos

A recomendação da fórmula do adubo químico utilizado juntamente com a semeadura foi 8-20-20 na quantidade de 247,93 kg x ha^{-1}. Na cobertura utilizou-se 144,63 kg x ha^{-1} de sulfato de amônio.

Seguindo as orientações e exemplos de Malavolta (1979), a mistura utilizada contém 19,83 kg x ha^{-1} de N, 49,59 kg x ha^{-1} de P_2O_5 e 49,59 kg x ha^{-1} de K_2O. No caso da cobertura, a quantidade de N, considerando-se 20% de nitrogênio total, atingiu o valor de 28,93 kg x ha^{-1}.

Na conversão das unidades físicas de N total, P_2O_5 e K_2O em equivalentes energéticos, acrescentou-se 0,50 MJ x kg^{-1} de fertilizantes aplicados, referente ao transporte marítimo, face ao volume representativo das importações dos adubos utilizados. O percentual de importação de cada fertilizante foi calculado a partir dos quadros de importação e produção nacional de matérias-primas e produtos intermediários para fertilizantes (ANDA, 2001) referentes aos anos de 1999 e 2000 e seus respectivos percentuais submetidos à média aritmética, conforme indicado no Quadro 9, apresentado a seguir.

Quadro 9. Porcentagem média de importação de alguns fertilizantes no Brasil, 1999/2000

Fertilizante	**Percentual médio da quantidade de importação**
- Mistura	
N	59,37
P_2O_5	43,43
K_2O	86,36
- Sulfato de amônio	87,58

Fonte: ANDA (2001).

Para efeito do cálculo dos *inputs* energéticos por hectare do agroecossistema milho representados pelos fertilizantes utilizou-se, então, 62,49 MJ x kg^{-1} (Felipe Jr., 1984); 9,63 MJ x kg^{-1} (Lockeretz, 1980) e 9,17 MJ x kg^{-1} (Cox & Hartkins, 1979 e Pellizzi, 1992), para N total, P_2O_5 e K_2O, respectivamente. O Quadro 10, apresentado a seguir, detalha e ilustra melhor o resultado final dos *inputs* dos insumos calcário, sementes e fertilizantes químicos no agroecossistema.

Quadro 10. Valor calórico total por hectare dos insumos utilizados no agroecossistema milho. Copava, ano agrícola 1999/2000

Insumos	**(a)** (kg x ha^{-1})	**(b)** (MJ x ha^{-1})	**(c)**	**(d)** (MJ x ha^{-1})	**(e)** (MJ x ha^{-1})
Calcário	2.479,34	415,09	-		**415,09**
Sementes	16,53	549,11	-		**549,11**
Fertilizantes					**4.031,75**
- mistura (8-20-20)	247,93				
N	19,83	1.239,17	0,5937	5,89	**1.245,06**
P_2O_5	49,59	477,39	0,4343	10,77	**488,16**
K_2O	49,59	456,63	0,8636	21,41	**478,04**
- Sulfato de amônio	144,63				
N	28,93	1.807,82	0,8758	12,67	**1.820,49**

(a) *inputs* totais
(b) subtotal calórico de *inputs*
(c) taxa média da quantidade importada
(d) valor energético do transporte marítimo ["c" x "a" x (0,50 MJ x kg^{-1})]
(e) total calórico dos *inputs* ("b" + "d")
Fonte: ANDA (2001) e dados da pesquisa de campo.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando atingir os objetivos propostos e melhor compreensão dos dados, os resultados foram apresentados e discutidos em dois momentos: o primeiro, abrangendo cada operação do itinerário técnico e o segundo, apresentando a estrutura de dispêndios energéticos ou matriz energética, energia cultural líquida e índice de eficiência cultural do agroecossistema milho. Os resultados são apresentados na unidade do Sistema Internacional, ou seja, MJ (J x 10^6).

6.1 Operações do itinerário técnico

6.1.1 Subsolagem

Dada sua característica, a subsolagem é a operação do itinerário técnico na qual se destacou a utilização intensa de óleo Diesel (Quadro 11). A participação

da depreciação da máquina apresentou-se como importante e a do implemento como relativa. Com relação à mão-de-obra, a utilização de apenas um agricultor como tratorista foi responsável pela pequena participação dessa rubrica na matriz correspondente.

É importante ressaltar que, na operação de subsolagem o valor energético depreciado foi divido por dois, dado que a operação é realizada a cada dois anos, redistribuindo-se suas horas em mais de um ano de cultivo.

A subsolagem foi, entre as operações motomecanizadas, a que apresentou, pelas razões citadas, a maior desproporcionalidade entre os tipos de energia, 98,20% e 1,80%, respectivamente representando energia direta e energia indireta.

A participação total dessa operação na matriz do agroecossistema milho foi de 8,40%.

Quadro 11. "Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de subsolagem

TIPO, fonte e **forma**	**"Entradas" culturais**	**%**
ENERGIA DIRETA	**727,80**	**98,20**
Biológica	0,36	0,05
- Mão-de-obra	**0,36**	**100,00**
Fóssil	727,44	99,95
- Óleo Diesel	**719,22**	**98,82**
- Lubrificante	**6,08**	**0,84**
- Graxa	**2,14**	**0,29**
ENERGIA INDIRETA	**13,31**	**1,80**
Industrial	13,31	100,00
- Trator	**9,15**	**68,74**
- Implemento	**4,16**	**31,26**
TOTAL	**741,11**	**100,00**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

6.1.2 Calagem

A energia indireta suplanta a utilização da energia direta na operação de correção do solo, mesmo tendo sido registrado nesta uma alta participação de

componentes de origem fóssil, com ênfase no óleo diesel. O uso de calcário, como insumo fundamental para o agroecossistema milho, foi o responsável por esse resultado, conforme Quadro 12.

Quadro 12. "Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de calagem

TIPO, fonte e **forma**	**"Entradas" culturais**	**%**
ENERGIA DIRETA	**149,25**	**25,94**
Biológica	1,24	0,83
- Mão-de-obra	**1,24**	**100,00**
Fóssil	148,01	99,17
- Óleo Diesel	**144,67**	**96,93**
- Lubrificante	**2,39**	**1,61**
- Graxa	**0,96**	**0,65**
ENERGIA INDIRETA	**426,21**	**74,06**
Industrial	426,21	100,00
- Trator	**8,00**	**1,88**
- Implemento	**3,11**	**0,73**
- Calcário	**415,09**	**97,39**
TOTAL	**575,46**	**100,00**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Embora motomecanizada, na operação de calagem se utilizou maior quantidade de agricultores, face à necessidade de carregamento e descarregamento do produto. Em conseqüência, a participação humana apresentou dispêndio energético mais que o triplo do verificado na subsolagem.

Das "entradas" totais de energia no agroecossistema milho, a calagem teve participação de 6,52% .

6.1.3 Gradagem

Dentro desta operação foram englobadas as duas gradagens niveladoras. No Quadro 8A do Apêndice encontram-se, separadamente, os rendimentos e gastos energéticos de cada uma delas. O Quadro 13 demonstra a utilização acentuada de componentes fósseis, particularmente óleo Diesel e, novamente em função das características próprias dessa operação do itinerário técnico, um dispêndio reduzido de energia biológica proveniente do trabalho humano, o menor em números absolutos.

Quadro 13. "Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de gradagem.

TIPO, fonte e **forma**	**"Entradas" culturais**	**%**
ENERGIA DIRETA	**469,55**	**95,72**
Biológica	0,33	0,07
- Mão-de-obra	**0,33**	100,00
Fóssil	469,22	99,93
- Óleo Diesel	**460,67**	**98,11**
- Lubrificante	**4,78**	**1,02**
- Graxa	**3,77**	**0,80**
ENERGIA INDIRETA	**20,98**	**4,28**
Industrial	20,98	100,00
- Trator	**16,01**	**76,28**
- Implemento	**4,98**	**23,72**
TOTAL	**490,53**	**100,00**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Embora a depreciação energética verificada tenha sido alta para o conjunto máquina/implemento, em função de se estar levando em conta praticamente duas operações (1ª e 2ª gradagens), o resultado verificado entre a energia direta e indireta deveu-se ao alto consumo de energia fóssil demandado pelas operações, fato que também pode ser observado quando se analisam as "entradas" culturais por gradagem (Quadros 9A e 10A, Apêndice).

Em termos de participação global nas "entradas" de energia motomecanizadas no agroecossistema estudado, excetuado o transporte, a gradagem apresentou a menor participação, igual a 5,56%.

6.1.4 Semeadura e adubação

A operação de semeadura e adubação apresentou comportamento semelhante ao da calagem na distribuição percentual estabelecida entre energia direta (28,31%) e indireta (71,69%), conforme demonstra o Quadro 14.

Quadro 14. "Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de semeadura e adubação

TIPO, fonte e **forma**	**"Entradas" culturais**	**%**
ENERGIA DIRETA	**883,43**	**28,31**
Biológica	550,22	62,29
- Mão-de-obra	**1,11**	**0,20**
- Sementes	**549,11**	**99,80**
Fóssil	333,21	37,72
- Óleo Diesel	**325,18**	**97,59**
- Lubrificante	**4,07**	**1,22**
- Graxa	**3,96**	**1,19**
ENERGIA INDIRETA	**2.237,44**	**71,69**
Industrial	2.237,44	100,00
- Trator	**12,20**	**0,55**
- Implemento	**13,82**	**0,62**
- Adubos químicos	**2.211,42**	**98,83**
TOTAL	**3.120,87**	**100,00**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Porém, ao se proceder a análises no interior dos tipos de energia utilizadas as diferenças são significativas. No caso da energia direta, embora o dispêndio energético relativo à mão-de-obra utilizada praticamente tenha equivalência, a fonte biológica de energia é alterada de modo significativo em função do alto coeficiente energético das sementes, chegando a representar 62,16% do total gasto em energia direta.

A fonte fóssil é, em números absolutos, mais que o dobro da observada na calagem (333,21 MJ x ha^{-1} frente a 148,01 MJ x ha^{-1}), representando 37,72% da energia direta total, participando pouco menos que 2,5 vezes quando comparada à calagem, onde a energia fóssil ocupou 99,17% da energia total direta.

Já no caso da energia indireta, os dados obtidos salientaram diferenciações marcantes. Em termos absolutos, o conteúdo energético relacionado ao trator e implementos é, respectivamente, pouco menos que o dobro e mais que quatro vezes superior ao registrado na calagem. A participação percentual do conteúdo energético dos implementos utilizados apresentaram equivalência, o mesmo não acontecendo com as máquinas, sendo de 0,55% na semeadura e adubação e 1,88% na calagem.

O grande diferencial apontado, e que desequilibra a participação da operação de semeadura e adubação frente ao total de "entradas" de energia no agroecossistema, referiu-se ao conteúdo energético dos adubos formulados, conforme verificado no Quadro 14.

Levando-se em consideração o itinerário técnico do agroecossistema, a operação de semeadura e adubação despontou com a participação mais significativa, 35,39% do total, apenas seguida pela próxima operação, que é a de adubação em cobertura.

6.1.5 Adubação em cobertura

É a operação na qual a energia direta incide em menor valor percentual no total de "entradas" calóricas no agroecossistema. Esse valor, todavia, é preenchido em sua quase totalidade pelo uso de energia proveniente de fonte fóssil, ou seja, do combustível. Ao analisar a energia indireta do sistema, verificou-se que a

utilização de adubo químico nitrogenado foi a responsável pela marcante diferença entre a relação energia direta/energia indireta, uma vez que a depreciação energética do trator e implemento usados atingiu os menores níveis, conforme se pode observar no Quadro 15.

Quadro 15. "Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação cobertura

TIPO, fonte e **forma**	**"Entradas" culturais**	**%**
ENERGIA DIRETA	**167,05**	**8,38**
Biológica	0,56	0,33
- Mão-de-obra	**0,56**	**100,00**
Fóssil	166,49	99,67
- Óleo Diesel	**162,59**	**97,33**
- Lubrificante	**2,67**	**1,60**
- Graxa	**1,24**	**0,74**
ENERGIA INDIRETA	**1.826,50**	**91,62**
Industrial	1.826,50	100,00
- Trator	**4,94**	**0,27**
- Implemento	**1,02**	**0,06**
- Adubos químicos	**1.820,56**	**99,67**
TOTAL	**1.993,56**	**100,00**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

A participação da operação de adubação em cobertura atingiu 22,60% da demanda energética do agroecossistema milho.

6.1.6 Capina com tração animal

O alto dispêndio de energia direta desta operação deveu-se à utilização de animais de trabalho (Quadro 16), mesmo levando-se em conta o esforço físico exigido da mão-de-obra, o mais elevado segundo os próprios agricultores.

Quadro 16. "Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de capina com tração animal

TIPO, fonte e **forma**		**"Entradas" culturais**		**%**
ENERGIA DIRETA		**433,44**		**99,40**
Biológica	433,44		100,00	
- Mão-de-obra	**33,94**		**7,83**	
- Animais de trabalho	**399,50**		**92,17**	
ENERGIA INDIRETA		**2,61**		**0,60**
Industrial	2,61		100,00	
- Implemento	**2,61**		100,00	
TOTAL		**436,05**		**100,00**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Observou-se um valor energético industrial relativamente alto da energia indireta, quando comparado à calagem e adubação em cobertura, em função do número de implementos usados (seis) e do tempo total de utilização (19 dias de trabalho com jornada de 8 horas cada).

Em termos gerais, a participação dessa operação na matriz energética do agrecossistema milho atingiu 4,94%.

6.1.7 Capina manual

Utilizando-se de vinte e um agricultores e agricultoras (cujas especificidades encontram-se no Quadro 1A do Apêndice), a capina manual apresentou, obviamente, o maior valor absoluto de dispêndio calórico provindo de energia direta de fonte biológica na forma de mão-de-obra (Quadro 17).

Quadro 17. "Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1} e participações percentuais na operação de capina manual

TIPO, fonte e **forma**	**"Entradas" culturais**	**%**
ENERGIA DIRETA	**43,38**	**100,00**

Biológica	43,38		100,00
- Mão-de-obra	**43,38**		**100,00**
TOTAL		**43,38**	**100,00**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

A participação calórica da capina manual, mesmo envolvendo um número expressivo de agricultores e agricultoras por um elevado intervalo de tempo (56 dias), foi bastante reduzida, alcançando 0,49% do total.

A metodologia adotada no cálculo do dispêndio de energia utilizada pela mão-de-obra, não apenas nessa operação do itinerário técnico utilizado no cultivo do milho, como nas demais, foi a responsável pelo resultado obtido.

6.1.8 Colheita

A operação de colheita consome energia direta de forma significativa, mesmo envolvendo duas máquinas, colhedora e trator, e um implemento, ou seja, energia indireta de fonte industrial. A primazia da energia direta ocorre em função da elevada utilização de fonte fóssil, representada particularmente pelo gasto energético em combustível (ver Quadro 18).

O valor calórico encontrado e atribuído à mão-de-obra, próximo daqueles valores verificados nas operações de semeadura e adubação (1,11 MJ x ha^{-1}) e calagem (1,24 MJ x ha^{-1}), foi proporcional e percentualmente pequeno devido à utilização de apenas três agricultores, dois operadores da colhedora e um tratorista.

Quadro 18. "Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de colheita

TIPO, fonte e **forma**	**"Entradas" culturais**	**%**
ENERGIA DIRETA	**973,78**	**90,37**
Biológica	1,05	0,11
- Mão-de-obra	**1,05**	**100,00**
Fóssil	972,73	99,89
- Óleo Diesel	**953,68**	**98,04**
- Lubrificante	**14,89**	**1,53**
- Graxa	**4,16**	**0,43**
ENERGIA INDIRETA	**103,79**	**9,63**
Industrial	103,79	100,00
- Colhedora	**83,60**	**80,54**
- Trator	**11,31**	**10,90**
- Carreta	**8,88**	**8,56**
TOTAL	**1.077,57**	**100,00**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Na análise da energia indireta, chamou atenção o alto valor da fonte energética industrial representada pela colhedora, pouco mais de 80% desse total.

Mesmo com os altos dispêndios energéticos verificados na operação de colheita, sua participação global no sistema foi pouco superior a 10%, chegando a 12,22%.

6.1.9 Transporte

Com uma relação energia direta/energia indireta bastante semelhante àquela verificada na operação de colheita, o transporte interno apresenta, porém, diferenças significativas quanto às fontes energéticas utilizadas (Quadro 19).

Quadro 19. "Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na operação de transporte

TIPO, fonte e **forma**	**"Entradas" culturais**	**%**
ENERGIA DIRETA	**314,46**	**92,17**
Biológica	9,18	2,92
- Mão-de-obra	**9,18**	**100,00**
Fóssil	305,28	97,08
- Óleo Diesel	**291,96**	**95,64**
- Lubrificante	**1,31**	**0,43**
- Graxa	**12,01**	**3,93**
ENERGIA INDIRETA	**26,71**	**7,83**
Industrial	26,71	100,00
- Caminhão	**26,71**	**100,00**
TOTAL	**341,18**	**100,00**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Entre todas operações mecanizadas observadas no agrecossistema milho, a operação de transporte foi a que apresentou o maior dispêndio calórico de fonte biológica provinda do trabalho humano, 2,69% do total verificado em toda a operação. Isso se deve ao fato do tempo gasto durante o cultivo ser longo, ao número de agricultores envolvidos ser significativo, e que o trabalho executado demanda energia de forma acentuada.

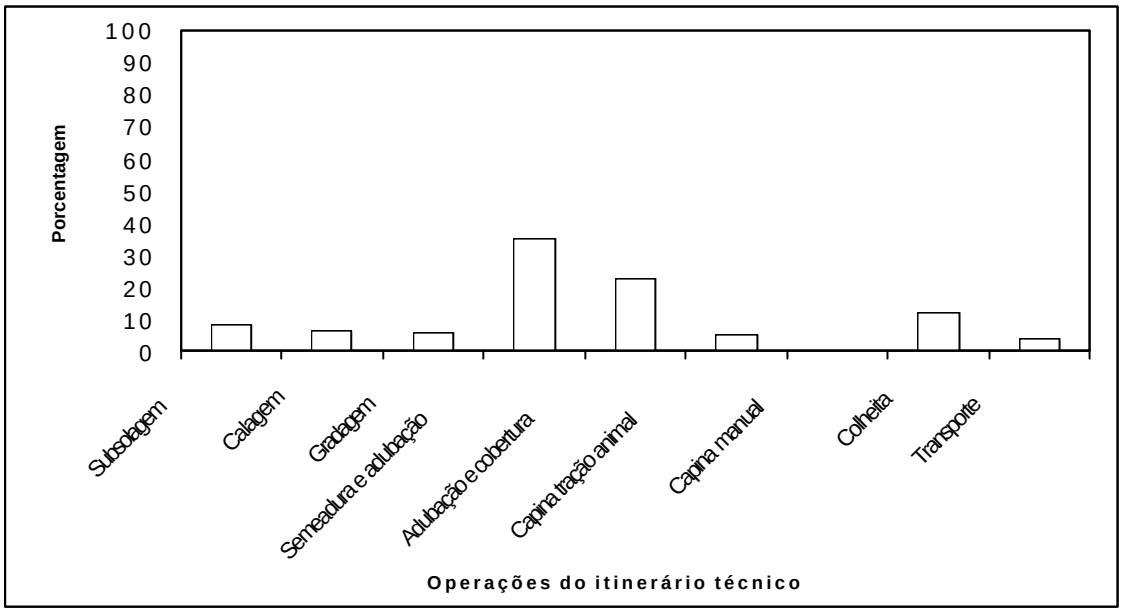
Por outro lado, a fonte fóssil, constituída basicamente de óleo Diesel, apresentou uma demanda energética relativamente baixa, principalmente se comparada à média registrada nas operações motomecanizadas do itinerário técnico.

Já com relação à fonte industrial de energia, relacionada à energia indireta utilizada, a demanda energética superou aquela verificada para todos os tratores e implementos envolvidos no sistema, excetuando-se a colhedora.

Das "entradas" energéticas no sistema, a operação de transporte participou com apenas 3,87%, representando a menor participação calórica não apenas das operações motomecanizadas, como também na comparação com a capina de tração animal.

Esse fato pode ser explicado pelo contraste entre os trabalhos realizados e pela diluição em um intervalo de tempo grande, quando comparado aos demais.

Assim expostas, a participação das diversas operações do itinerário técnico no consumo energético do agroecossistema milho cultivado na área estudada é ilustrada na Figura 1.



Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Figura 1. Participação, por hectare, das operações do itinerário técnico no agroecossistema milho. Copava, ano agrícola 1999/2000

Por outro lado, o Quadro 20 apresenta a participação das diversas operações do itinerário técnico em unidades energéticas por unidade de área. A Figura 1 e o Quadro em questão, de maneira complementar, evidenciam as operações de semeadura e adubação e cobertura como altamente consumidoras de energia. Ambas fazem parte de um itinerário técnico no qual os fertilizantes químicos se apresentam como formas energéticas bastante desproporcionais (Quadros 14 e 15).

Quadro 20. Participação das operações do itinerário técnico no agroecossistema milho em MJ x ha $^{-1}$. Copava, ano agrícola 1999/2000

Operação	Participação energética no agroecossistema (MJ x ha^{-1})
Subsolagem	741,11
Calagem	575,46
Gradagem	490,53
Semeadura e adubação	3.120,87
Adubação em cobertura	1.993,56
Capina com tração animal	436,05
Capina manual	43,38
Colheita	1.077,57
Transporte	341,18
Total	**8.819,71**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

6.2 Matriz energética do agroecossistema milho

A eficiência cultural do agroecossistema milho é apresentada no Quadro 21, por intermédio de uma matriz energética ou estrutura de dispêndios calóricos, onde "entradas" (*inputs*) e "saídas" (*outputs*) de energia são quantificadas e contabilizadas em unidades energéticas.

Considerando o agroecossistema milho a partir do itinerário técnico apresentado e para uma produção física de 10.808 sacas de 60 kg cada em 135,52 ha, totalizando 648.480 kg x ha^{-1}, o que representa uma produtividade de 79,75sc x ha^{-1}, obteve-se, por hectare, uma energia embutida na produção igual a 79.478,05 MJ (Quadro 21).

Quadro 21. Estrutura de dispêndios, por tipo, fonte e forma; "entradas" culturais, "saídas" úteis, energia cultural líquida e eficiência cultural da fase agrícola do agroecossistema milho cultivado em área da Copava, Assentamento de Trabalhadores Rurais, Fazenda Pirituba-Itaberá/SP, safra 1999/2000, em MJ x ha^{-1}

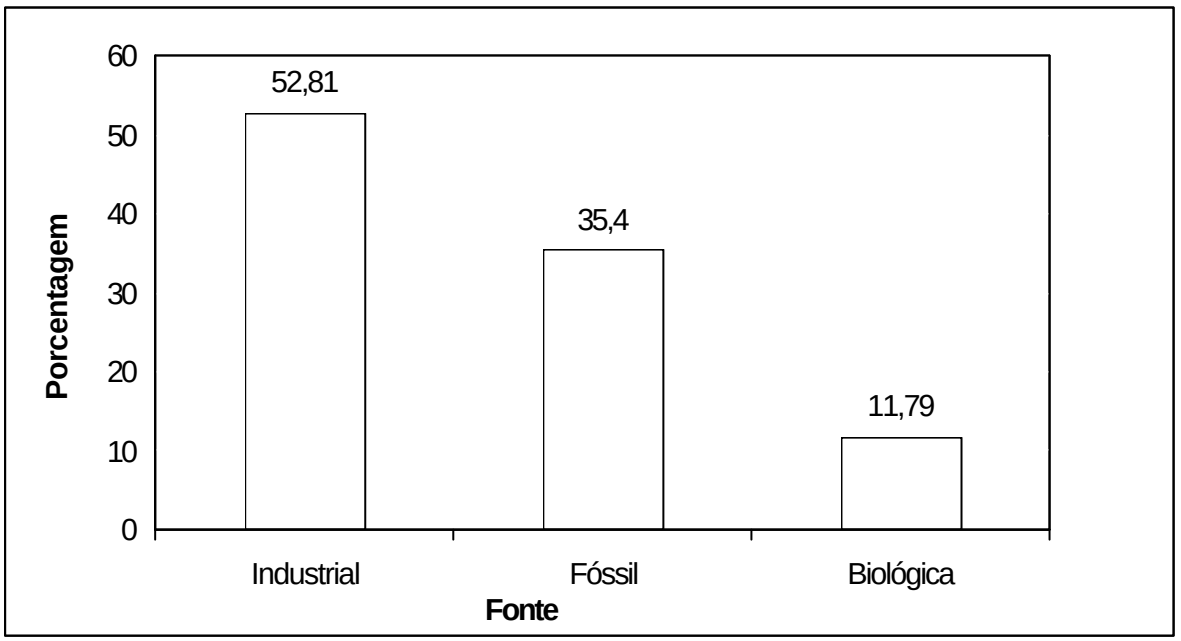
TIPO, fonte e **forma**	**"Entradas" culturais**	**%**
ENERGIA DIRETA	**4.162,15**	**47,19**
Biológica	1.039,76	24,98
- Mão-de-obra	**91,16**	**8,77**
- Animais de trabalho	**399,50**	**38,42**
- Sementes	**549,11**	**52,81**
Fóssil	3.122,39	75,02
- Óleo Diesel	**3.057,96**	**97,94**
- Lubrificante	**36,19**	**1,16**
- Graxa	**28,24**	**0,90**
ENERGIA INDIRETA	**4.657,56**	**52,81**
Industrial	4.657,56	100,00
- Máquinas e implementos	**210,50**	**4,52**
- Calcário	**415,09**	**8,91**
- Fertilizantes químicos	**4.031,97**	**86,57**
"ENTRADAS" CULTURAIS	**8.819,71**	**100,00**
"SAÍDAS" ÚTEIS	**79.478,05**	
ENERGIA CULTURAL LÍQUIDA	**70.658,34**	
EFICIÊNCIA CULTURAL	**9,01**	

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Muito embora o percentual utilizado de energia direta tenha mantido relativo equilíbrio em relação ao de energia indireta (47,19% e 52,81%, respectivamente), o agroecossistema estudado dependeu, fundamentalmente, de fontes de energia industrial, particularmente fertilizantes químicos (45,72%), e de fontes fósseis (35,40%).

Os valores energéticos referentes aos tipos de energia dispendidos, energia direta e indireta, apresentaram-se bem divididos, o mesmo não ocorrendo no interior de cada um. Dessa forma, as fontes energéticas utilizadas no agroecossistema apresentaram-se pouco equilibradas.

Conforme pode ser observado na Figura 2, a participação proveniente da energia de fonte industrial predominou sobre a energia fóssil e cada uma delas significativamente sobre a fonte biológica de energia utilizada. Tal resultado explica-se pela utilização pesada de adubos químicos, tanto na semeadura quanto em cobertura.



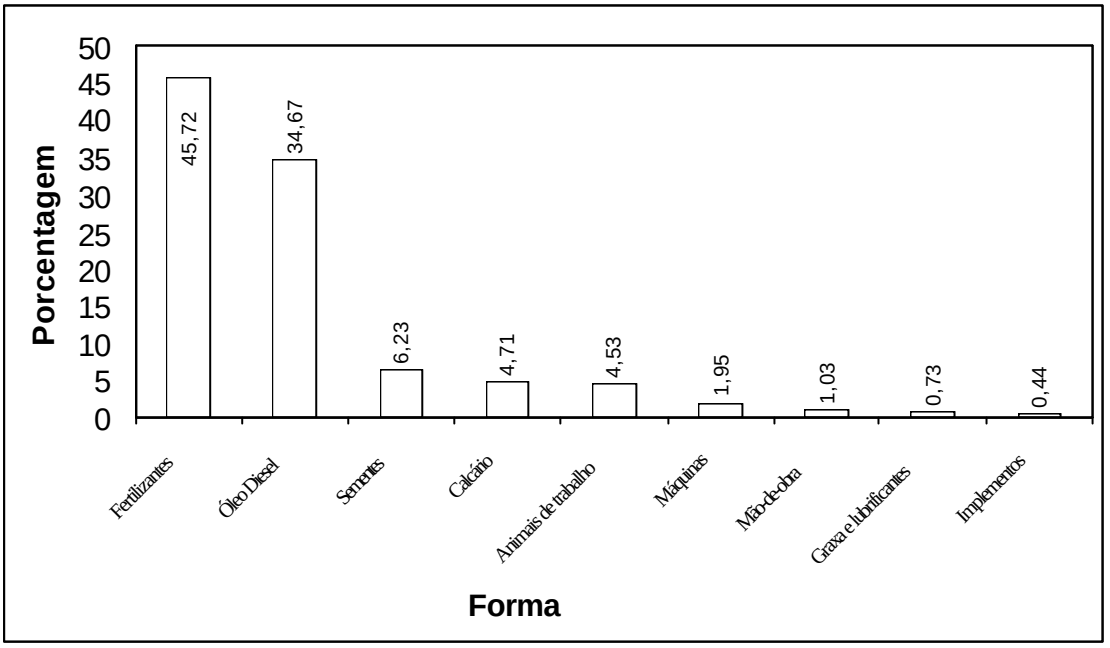
Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Figura 2. Participação, por hectare, das diversas fontes de energia no agroecossistema milho. Copava, safra 1999/2000

O impacto da mecanização da lavoura não se deu na fonte de energia industrial dispendida (energia indireta), mas sim na forma direta de energia através da fonte fóssil utilizada, muito embora ambas se complementem.

Uma análise mais detalhada das diversas fontes de energia, demonstra que o itinerário técnico utilizado no agroecossistema milho, ao privilegiar o tipo de energia indireta, adubação química e mecanização, e por via de conseqüência a fonte fóssil de energia direta, prejudicou a utilização da fonte biológica, que não teve participação menor devido à utilização como formas de energia animais de trabalho e

sementes híbridas (Figura 3), sendo estas, segundo Pimentel (1973), de alto consumo energético face aos gastos na sua produção.



Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Figura 3. Participação, por hectare, das várias formas de energia no agroecossistema milho. Copava, ano agrícola 1999/2000

Observou-se por fim, e de acordo com o exposto, a pouca representatividade da força de trabalho humana no agroecossistema estudado, em que pese pendências teóricas e metodológicas quanto à fórmula de calculá-la e inserí-la na estrutura de dispêndios calóricos ou matriz energética.

7 CONCLUSÕES

Face às particularidades que permeiam análises energéticas de agroecossistemas, a seguir é apresentado uma síntese dos resultados obtidos. A partir daí, então, são manifestadas conclusões de caráter mais analítico:

- O itinerário técnico composto de subsolagem, calagem, gradagens niveladoras, semeadura e fertilização química, adubação formulada de cobertura, capina com tração animal, capina manual, colheita mecanizada e transporte, produziu uma eficiência cultural de 9,01. Assinala-se, então, que cada unidade de energia aplicada na produção do agroecossistema milho estudado desdobrou-se em 8,01 unidades, subtraindo-se a unidade padrão.

- A energia cultural líquida, ligada à produtividade do agroecossistema atingiu 70.658,34 MJ x ha^{-1}.

- A energia direta e a energia indireta tiveram participação praticamente igualitária na estrutura de dispêndios energéticos (47,19% e 52,81%, respectivamente). Porém, a fonte industrial proveniente da utilização de adubos químicos foi fator decisivo na matriz energética do sistema, participando em 86,57% da energia indireta e 45,72% do gasto calórico total.

- Por sua vez e complementando esse gasto calórico, verificou-se a presença marcante da energia direta através da fonte fóssil, representada em 75,02% dela. Destacou-se a participação do óleo Diesel (97,94%), seguida pelo componente lubrificante (1,16%) e graxa (0,90%). Na estrutura de dispêndios, ou matriz energética, da fase agrícola do agroecossistema milho, a energia proveniente de fonte fóssil participou com percentual elevado, 35,40%, situando-se como segundo componente em participação na matriz. Ao decompor essa fonte fóssil, a utilização do óleo Diesel resultou numa participação de 34,67%, enquanto se obteve para o componente lubrificantes 0,41% e para o componente graxa 0,32%.

- Ainda tratando-se da energia direta, a fonte biológica apresentou variações importantes quanto a seus componentes. O dispêndio calórico representado pelas sementes híbridas ocupou 52,81% dessa fonte, seguida pelo gasto calórico apresentado pelos animais de trabalho (38,42%) e por fim o

dispêndio energético da força-de-trabalho com apenas 8,77%. Quando analisada a estrutura de dispêndios energéticos, percebe-se a importante participação de sementes híbridas e dos animais de trabalho contrastando com a da mão-de-obra, 6,23%, 4,53% e 1,04%, respectivamente.

Assim, os dados obtidos, os resultados observados e a síntese formulada acerca do agroecossistema milho estudado permitem apresentar as seguintes conclusões:

- Dada a utilização por diversos autores de diferentes pressupostos teóricos e bases metodológicas e coeficientes energéticos heterogêneos, torna-se pouco consistente comparações de índices entre agroecosssitemas relatados na literatura, a exemplo de índices de eficiência cultural e energia cultural líquida. Há, portanto, uma necessidade de ampliação de discussões teórico-práticas dos pressupostos que cercam as análises energéticas, que por via de conseqüência aprimorarão construções metodológicas e utilização de coeficientes energéticos que possibilitem, ainda que de forma relativa, correlações mais seguras.

- A não inclusão da energia solar como entrada cultural na matriz energética, quer pela dificuldade na obtenção de dados que possibilitem seu cálculo quer por considerá-la como fonte

gratuita de energia, é um exemplo do estabelecimento de um vazio metodológico quando numa análise de perspectiva mais holística, menos economicista, face não apenas a sua vital importância no processo de produção agrícola como também ao valor calórico que se deixa de contabilizar. O mesmo ocorre em estudos desse tipo, nos quais a biomassa reciclada, como os restos culturais do cultivo do milho, por exemplo, também deixa de ser considerada.

- A contabilização do conteúdo calórico dispendido pela mão-de-obra merece discussões mais aprofundadas, uma vez que o cálculo de gasto energético, mesmo com os avanços verificados neste estudo, subestimam a inclusão do tempo de sono e ocupações não laborativas, ao diluírem-nas igualmente pelas horas do dia.

- O itinerário técnico utilizado pelos agricultores para a obtenção de significativas produção e produtividade de grãos, em que pese a diferenciada forma de organização da produção, espelha o tripé de sustentação da chamada "Revolução Verde", ou seja, produções agrícolas consideráveis baseadas na utilização de insumos químicos, mecanização com base em energia fóssil e sementes melhoradas. Não é portanto por acaso que estes componentes apresentam-se nas três primeiras posições da estrutura de dispêndios energéticos do agroecossistema milho

estudado, validando, assim, um modelo de agricultura que vem sendo denominado convencional, dependente de conjunturas externas e fontes energéticas não renováveis.

- Ao pensar-se em justiça social, observada especialmente em relação a abordagens que valorizam propostas de desenvolvimento sustentável, tendo como um dos instrumentos políticas de democratização do acesso à terra, deve-se atentar-se para o fato da não reprodução do modelo produtivista. Itinerários técnicos e práticas agronômicas diversos, consagrados como aqueles que envolvem menor dispêndio energético e menor impacto ambiental, devem permear, com realismo, a produção agrícola familiar estruturada no interior de assentamentos rurais.

- Um planejamento estratégico do sistema de produção, e conseqüente definição das práticas agrícolas a serem utilizadas quando das tomadas de decisão, seria meta da maior relevância. Reposição de nutrientes no solo menos dependentes de insumos químicos; colheita totalmente mecanizada, portanto poupadora extremada de mão-de-obra e práticas agronômicas que minimizem os efeitos relativos à compactação do solo, diminuindo a utilização da subsolagem, poderiam ser melhor estudados e debatidos com os agricultores, uma vez que são as operações que apresentaram maior dispêndio energético, sendo

conhecida a associação direta delas a impactos negativos no ambiente.

- Estudos de eficiência cultural, com o grau de detalhamento aqui apresentado, tendem a refletir de forma mais clara, e obviamente menos generalizante, a realidade dos diversos sistemas de produção encontrados em assentamentos rurais, cuja base é o trabalho familiar.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS[8]

ABIMILHO. Milho: o cereal que enriquece a alimentação humana. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/milho.htm>. Acesso em jun. 2002.

ALDRICH, S. R., SCOTT, W. O., LENG, E. R. *Modern corn production,* 2. Ed. Illinois: A & L. Publication, 1975. 378p.

ANGELELI, W.A., DUARTE, F. A .M., & OLIVEIRA, J. E. D. Estudo nutricional, alimentação e capacidade física de trabalhadores volantes rurais ou "bóias frias". In: *"Bóias Frias"*. Academia de Ciências do Estado de São Paulo (ACIESP), n.30, p.7-85, 1981.

ANDA. *Anuário estatístico do setor de fertilizantes 2000*. São Paulo: ANDA (Associação Nacional para Difusão de Adubos), 2001. 152p.

ARAÚJO, K. *Copava: um estudo sobre cooperação agrícola em assentamentos de reforma agrária do MST*. São Paulo, 2000. 79p. Monografia (Bacharelado em Economia)-PUC/SP.

[8] UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agronômicas. *Normas para a elaboração de dissertações e teses*. Botucatu, 1997. 35p.

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

BECHT, G. Systems Theory, the key to holism and reductionism. Bioscience 24 (10), 579-596. 1974.

BERARDI, G. M. Organic and conventional wheat production: examination of energy and economics. *Agro-Ecosystems*, v.4, 1978, p.367-376.

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

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. IPEA. *Estimativa das famílias potenciais beneficiárias de programas de assentamentos rurais no Brasil*. Brasília - DF: IPEA, 2000. 22p.

BRIGGLE, L. W. Introduction to energy use in wheat production. In: PIMENTEL, D. (Ed.), *Handbook of energy utilization in agriculture.* Boca Raton, Florida: CRC Press Inc, 1980. p.109-16.

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

BUTTEL, F.H., LARSON, O. W. Farm size, structure and energy intensive: an ecological analysis of U.S. agriculture. *Rural Sociology*, 44 (3): 471-488. 1979.

CAMPOS, A.T. de, FERREIRA, W. A., YAMAGUCHI, L. C. T., RESENDE, 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.

CAMPOS, A.T. de, NOVAES, L. P., CAMPOS, A. T., 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 Ingeneria Agricola*. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomia, 2000. p.483-8.

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

CAMPOS A. T. *Balanço energético relativo à produção de feno de "coast-cross" e alfafa em sistema intensivo de produção de leite*. Botucatu, 2001. 236p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

CARMO, M. S., COMITRE, V., DULLEY, R. D. Balanço energético de sistemas de produção na agricultura alternativa. *Agric. São Paulo*, v.35, n.1, p.87-97, 1988.

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., QUEVEDO, M. Rendimentos energéticos das culturas de cana-de-açúcar, algodão e feijão das águas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 30, 1992, Rio de Janeiro. *Anais*... Brasília: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1992. p.209-25.

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, 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.

CARVALHO, A. *Análise eco-energética dos sistemas de produção agrícola da zona vitícola de Dois Portos (Torres Vedras).* Oeiras: Instituto Gulbenkian de Ciência – Centro de Estudos de Economia Agrária, 1980. 44p

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

CERVINKA, V. Fuel and energy efficiency. In: PIMENTEL, D. (Ed.), *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton, Flórida: CRC Press Inc., 1980. p.15-22.

CHRISTENSEN, E. H. Physiology of work. In: *ENCYCLOPAEDIA of occupational health and safety*. Geneve: International Labour Office, vol.2, 1972. p.1063-65.

CLEVELAND, C. J. The direct and indirect use of fossil fuels and electricity in USA agriculture, 1910-1990. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.55, n.2, p.111-121, 1995.

C.N.E.E.M.A. CENTRE NATIONAL D´ÉTUDE ET EXPERIMENTATION DU MACHINISME AGRICOLE. *Essai sur l´enérgie dans l´agriculture ou dans le système agro-alimentaire en France*. Montpellier: C.N.E.E.M.A. (atual CEMAGREF), 1975, p.86. (Etude, 404)

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

COOK, E. The flow of energy in na industrial society. *Scientific American*, v.3, n.224, p.134-47, 1971.

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

DAJOZ, R. *Tratado de ecologia*. Madrid: Mundi-prensa, 1979. 612p.

DAZHONG, W., PIMENTEL D. Energy use in crop systems in Northeastern China. In: PIMENTEL D., HALL, C. W. (Eds.), *Food and Energy Resources*. New York: Academic Press, 1984a. p.105-47.

DAZHONG, W., PIMENTEL D. Energy flow through na organic agroecosystem in China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.11, p.145-60, 1984b.

DELEAGE, J. P., JULIEN, J. M., SAUGET-NAUDIN, N., SOUCHON, C. Eco-energetics analysis of an agricultural system: the French case in 1970. *Agro-ecosystems*, v.5, p.345-365, 1979.

DOERING, O. C. & PEART, R. N. *Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis*. Indiana: Purdue University, 1977. 128p.

DOERING III, O. C. Accouting 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.9-14.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves.* Concórdia, Santa Catarina: EMBRAPA-CNPSA, 1985. 29p. (documento n.8)

EMBRATER. Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural. *Manual técnico de suinocultura.* Brasília: EMBRATER, 1979. 196p.

FAO/OMS. *Besoin énergétique et besoin en protéine.* Rome: FAO/OMS, 1973. 292p.

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

FAO. *Energia para la agricultura.* Roma: FAO, 1980. 208p.

FAO/INCRA. *Perfil da agricultura familiar no Brasil: dossiê estatístico.* Brasília: FAO/INCRA, 1996, 24p. (Projeto UFT/BRA/036/BRA).

FAO/INCRA. *Estudo prospectivo da demanda por terra: cenários possíveis para a reforma agrária.* Brasília: FAO/INCRA, 1998, 174p. (Projeto UFT/BRA/051/BRA).

FIBGE. *Censo Agropecuário 1995/1996 – São Paulo*. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. 383p.

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.

FLUCK, R. C. To evaluate labor energy in food production. *Agric. Eng.*, v.57, n.1, 1976, p.31-2.

FLUCK, R. C. Net energy sequestered in agricultural labor. *Transactions of the ASAE*, v.24, n.6, p.1449-55, 1981.

FLUCK, R. C. Energy sequestered in repairs and maintenance of agricultural machinery. *Transactions of the ASAE*, v.28, p.738-44, 1985.

FLUCK, R. C., BAIRD, D. *Agricultural energetics*. Westport, Connecticut: AVI Publications Co. Inc., 1982. 192p.

FUENTES, A. M. B. *Requerimientos energéticos para la produccion de maiz en la zona centro sur de Chile*. Concepción, Chile, 1987. 63p. Memoria de Titulo (Grado em Ingenieria Agronómica) – Faculdad de Ciencias Agropecuarias y Florestales/Departamento de Agronomia, Universidad de Concepcion.

FRAGATA, A. *Análise eco-energética e tecnico-económica de um ecossistema agrícola no Noroeste*. Lisboa: DEESA/INIA/Ministério da Agricultura, Comércio e Pesca, 1982. 35p.

GALLI, G., SPUGNOLI, P. Costi energetici relativi alle fasi vivaistica di constituzione e conduzione di un impianto di actinidia. *Rivista Ing. Agraria*, v.3, 1985, p.147-59.

GOLDEMBERG, J. *Energia no Brasil*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1979. 171p.

GOMES DA SILVA, J., SERRA, G. E. Energy balance for ethyl alcohol production from crops. *Science*, v.201, n.4359, 1978, p.903-6.

GOMES, J. R. *Dispêndio energético e reposição calórica em algumas funções da indústria automobilística*. São Paulo, 1978. 109p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP).

HART, R. D. *Agroecosistemas: Conceptos básicos*. Turrialba, Costa Rica: UCR/CATIE, 1979. 211p.

HART, R. D. Una metodologia para analizar sistemas agricolas en terminos energéticos. In: HART, R. D., JIMÉNEZ, T., SERPA R. *Analisis energético de sistemas agricolas*. Turrialba, 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).

HEICHEL, G. H. Agricultural production and energy resources. *American Scientist*, v. 64, p.64-73, 1976.

HETZ, E. H., VILLALOBOS, H. Requerimientos energéticos para la producción de trigo en la provincia de Ñuble, Chile. *Agro-Ciencia*, v.1, n.2, p.129-36, 1985.

HETZ, E. H., SILVA, C. Eficiencia energética para la producción de remolacha azucarera (*Beta vulgaris* var. saccharifera L.) en Ñuble, Chile. *Agro-Ciencia*, v.2, n.2, p.153-60, 1986.

HETZ, E. H., BÓRQUEZ, M. F. Requerimientos energéticos para la producción de maiz en la zona Centro-Sur de Chile. *Agro-Ciencia*, v.3, n.2, p.135-41, 1987.

HETZ, E. H. *Utilizacion de energía en la produccion de fruta en Chile*. Chillan: Universidad de Concepcion, 1996. 26p. (Proyecto 92.23.16-1)

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.

HOFFMANN, R., ENGLER, J. J. C., THAME, A. C. M. *Administração da empresa agrícola*. 2ª edição. São Paulo: Pioneira, 1984. 325p.

INCAP-CINDN. Instituto de Nutrición de Centro América y Panama. Comite Interdepartamental de Nutrición para la Despensa Nacional. *Tabla de composición de alimentos para uso en América*. Mexico: Interamericana, 1964. 132p.

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

IEA. Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/estatist.html>. Acesso em: mai. 2002.

ITESP. *Retrato da Terra 97/98: perfil sócio-econômico e balanço da produção agropecuária dos assentamentos do Estado de São Paulo.* São Paulo: ITESP, 1998a. 112p. (Cadernos ITESP/ Secretaria da Justiça e da Defesa da Cidadania, 9, dez. 1998).

ITESP. *Construindo o futuro: política de investimentos em assentamentos rurais, seus custos e resultados.* São Paulo: ITESP, 1998b. 192p. (Cadernos ITESP/ Secretaria da Justiça e da Defesa da Cidadania, 10, dez. 1998).

ITESP. *Retrato da Terra 96/97: perfil sócio-econômico dos assentamentos do Estado de São Paulo.* São Paulo: ITESP, 1998c. 56p. (Cadernos ITESP/ Secretaria da Justiça e da Defesa da Cidadania, 1, jul. 1998).

JARACH, M. Sui valori di equivalenza per l´analysi e il bilancio energetici in agricoltura. *Rivista Ing. Agraria*, v.2, 1985, p.102-14.

JIMÉNEZ, T., JIMÉNEZ, G. Agroecosistema caña de azucar. In: HART, R. D., JIMÉNEZ, T., SERPA R. *Analisis energético de sistemas agricolas.* Turrialba, Costa Rica: UCR/CATIE, 1980. p.15-29.

JULIEN, J. M. *Analyse eco-enérgétique d´exploitations traditionnelles dans l´etat du Paraná-Brasil.* Paris: EDEN, 1980. 50p.

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.

LACERDA FILHO, A . F. de. *Avaliação de uma unidade de beneficiamento de sementes de milho (Zea mayz, L.)*. Botucatu, 1998. 199p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

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

LEONARDO JÚNIOR, I. *Análise econômica para a seleção de conjuntos motomecanizados na condução da cultura do milho*. Botucatu, 2000. 140p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

LINDEMAN, R. L. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, v.23, 1942, p.399-417.

LIPINSKY, E. S., McCLURE, T. A . Using sugar crops to capture solar energy. In: s/a *Biological solar energy conversion*. New York, Academic Press., 1977. p.397-410.

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

LOOMIS, R. S., WILLIANS W. A. Maximum crop productivity: an estimate. *Crop Sci*. v.3, p. 67-72. 1963.

LOEWER, Jr., O. J., BENOCK, G., GAY, N., SMITH, E. M., BURGESS, S., WELLS, L. G., BRIDGES, T. C., SPRINGATE, L., BOLING, J. A., BRATTORD, G., DEBERTIN, D. Production of beef with minimum grain and fossil energy inputs. *Report to NSF*, v.I, II, III, 1977.

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

MALAVOLTA, E. *ABC da adubação*. 4. Ed., rev. e atual. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979. 256p.

MACEDO, I. C., NOGUEIRA, L. A. H. Balanço de energia na produção de cana de açúcar e álcool nas usinas cooperadas. *Boletim Técnico Copersucar* n. 30, 1985. p. 22-33.

MACEDÔNIO, A . C. *A análise ecológica-energética aplicada à agricultura*. Curitiba: Comissão Estadual de Planejamento Agrícola – DERAL/SEAB, 1985. 95p.

MACEDÔNIO , A. C., PICCHIONI, S. A. *Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária.* v.1. Curitiba: DERAL/SEAB, 1985. 95p.

MAHAN, L. K., ESCOTT-STUMP, S. *Alimentos, nutrição e dietoterapia.* 9.ed. São Paulo: Roca, 1998. 1.179p.

MAKHIJANI, A., POOLE, A. *Energy and agriculture in the Third World: a report to the Energy Policy Project of the Ford Foundation.* Cambridge: Ballinger Publ., 1975. 168p.

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

MENEGON, M. *Analyse énergétique de systèmes céréaliers. Cas d´exploatations agricoles du Plan de développement durable du plateau de Saint-André-de-l´Eure.* Purpan: Chambre d´agriculture de l´Eure, 1996. 123p.

MERCIER, J. R. *Energie et agriculture, le choix ecologique.* Paris: Debard, 1978. 187p.

MONTALDO, P., ALVAREZ, L. Balance energético en agroecosistemas de papas (Solanum tuberosum) en la Región de Los Lagos, Chile. *Agro-Sur,* v.11, n.2, 1983, p.110-116.

MOREIRA, J. R. Energy balance for the production of ethyl and methyl alcohol. *Workshop on Fermentation for use as Fuel and Chemical Feedstock in Developing Countries.* Viena: s.n, 1979. 33p.

NETTO, A.G., DIAS, J. M. C. S. Política energética para a agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE ENERGIA NA AGRICULTURA, TECNOLOGIAS POUPADORAS DE INSUMOS, INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS E PRODUÇÃO DE ALIMENTOS, 1, 1984, Jaboticabal/SP. *Anais...* Jaboticabal: FUNEP - FCAV/UNESP, 1984. p.3-22.

ODUM, H. T. Trophic structure and productivity of silver springs. *Ecological monographs,* n.27, p.55-112,1957.

ODUM, H. T. *The world food problem.* Washington: Washington D. C., v.2, 1967. 94p.

ODUM, H. T. Energy, Ecology and Economics. *Ambio,* v.2, n.6, p.220-27, 1972.

OLIVEIRA, J. T. A. *Lógicas produtivas e impactos ambientais: estudo comparativo de sistemas de produção.* Campinas, 2000. 284p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

OSAKI, F. *Calagem e adubação.* 2. Ed., atual. e aum. Campinas: Instituto de Ensino Agrícola, 1991. 503p.

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. Consumi energetici ed impiego di lavoro. *Machine e Motori Agricoli,* 1991, p.65-70.

PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v.52, n.2, p.111-9, 1992.

PIEROTTI, A., KELLER, A. G., FRITSCH, A. S. *Energy and food*. Washington: Washington, DC, 1977. "não pag.".

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

PIMENTEL, D., PIMENTEL M. *Food energy and society*. London: Edward Arnold, 1979. 163p.

PIMENTEL, D., BURGESS, M. Energy inputs in corn production. In: PIMENTEL, D. (Ed.), *Handbook of energy utilization in agriculture.* Boca Raton, Florida: CRC Press Inc., 1980. p.67-84.

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

PIMENTEL, D. (Ed). *Handbook of energy utilization in agriculture.* Boca Raton, Flórida: CRC Press Inc., 1980b. 475p.

PIMENTEL, D., BERARDI G., FAST S. Energy efficiency of farming systems: organic and conventional agriculture. Agriculture, Ecosystems and environment, v.9, p.359-72, 1983.

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.

PIMENTEL, D. Energy use in cereal grain production. Cornel University, Ithaca, New York, s.d. 9p. mimeo.

PINTO, M., ACEVEDO, E. BERBER, H., ESPINOZA, A. Uso de la energía en la explotación agrícola y florestal. En: CONFERÊNCIA MUNDIAL DE LA ENERGÍA.

USO EFICIENTE DE ENERGÍA EN CHILE, 1983, Santiago. *Anais*... Santiago: Comité Nacional Chileno, 1983. p.247-80.

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

PORKWORLD Estatísticas. Quem é quem na produção de soja no mundo. Disponível em: <http://www.porkworld.com.br/estatisticas/produção_milho_soja.html>. Acesso em mai. 2002a.

PORKWORLD Estatísticas. Quem é quem na produção de trigo no mundo. Disponível em: <http://www.porkworld.com.br/estatisticas/produção_milho_soja.html>. Acesso em mai. 2002b.

PORKWORLD Estatísticas. Quem é quem na produção de milho no mundo. Disponível em: <http://www.porkworld.com.br/estatisticas/produção_milho_soja.html>. Acesso em mai. 2002c.

PORKWORLD Estatísticas. Milho – oferta e demanda mundiais. Disponível em: <http://www.porkworld.com.br/estatisticas/produção_milho_soja.html>. Acesso em mai. 2002d.

PORKWORLD Estatísticas. Produção nacional de milho. Disponível em: <http://www.porkworld.com.br/estatisticas/brasil.html>. Acesso em mai. 2002e.

PYKE, M. *Man and food.* New York: Mc Graw-Hill, 1970. 256p.

QUESADA, G. M. *Balanços energéticos agropecuários: uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul.* Santa Maria: FINEP/UFSM, 1986. 30p. (relatório final)

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

QUESADA, G. M., BEBER, J. A. C. *Tudo pelo social na energia para o meio rural*. Santa Maria: CPGER/UFSM, 1989. 16p. mimeo

REVELLE, R. Energy use in rural India. *Science,* USA, vol.192, p.969-75, 1976.

RISOUD, B. *Analyse énergétique de l´exploitation agricole: intérêts et limites de la méthode appliquée à la comparaison de deux systèmes d´exploitation, l´un en agriculture conventionnelle et l´autre en agriculture biologique.* Dijon: ENESA, 1996. 20p.

RISOUD, B. Développement durable et analyse énergétique d´exploitations agricoles. *Économie Rurale,* n.252/juillet-août, 1999, p.16-27.

SANTOS JÚNIOR, B. dos, ANDRADE, T. Cidadania, agricultura familiar e reforma agrária. In: ITESP, São Paulo. *Construindo o futuro: política de investimentos em assentamentos rurais, seus custos e resultados.* São Paulo: ITESP, 1998a. p.09-19.

SARTORI, M. M. P. *Métodos matemáticos para a determinação de consumo de energia e de custos de produção da cultura de cana-de-açúcar (Saccharum spp.)*. Botucatu, 1996. 54p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

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.

SERRA, G.E., HEEZEN, A. M., MOREIRA, J. R., GOLDEMBERG, J. *The energetics of alternative biomass sources for ethanol production in Brazil.* Calfórnia: s.n, 1979b. 12p.

SIQUEIRA, R. *Sistemas de preparo em diferentes tipos de coberturas vegetais do solo.* Botucatu, 1999. 191p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

SLESSER, M. Energy subsidy and criterion in food policy. *Sci. Food Agric.*, v.24, n.5, 1973, p.1191-1207.

SLESSER, M. Energy use in the food-producting sector of the European Economic Comunity. In: STANHILL, G. (Ed.), *Energy and Agriculture*. Berlin: Springer, 1984, p.132-53.

STANHILL, G. The energy cost of protected cropping: A comparison of six systems of tomato production. *J. Agric. Eng. Res.*, v. 25, 1980, p.145-54.

TSATSARELIS, C. A. Energy inputs and outputs for soft winter wheat production in Greece. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.43, 1993, p.109-18.

USDA – United States Department of Agriculture. Study team on organic farming. *Report and recommendations on organic farming.* s. l., july, 1980. 94p. mimeo.

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

VIVIEN, F. D. *Économie et écologie*. Repères: La Decouverte, 1994, 121p.

ZUCCHETTO, J., JANSSON, A. M. Total energy analysis of Gotland´s agriculture: a northern temperature zone case study. *Agro-ecosystems*, v.5, p.329-44, 1979.

APÊNDICE

Quadro 1A. Jornada de trabalho; coeficientes de tempo de operação; mão-de-obra utilizada; modelo de máquina e/ou implemento; consumos de óleo Diesel, lubrificante e graxa; e outros dados de referência por operação do itinerário técnico do agroecossistema milho cultivado pela Copava, por hectare, safra 1999/2000

OPERAÇÃO	
a) Subsolagem	
Horas de trabalho x dia^{-1}	12
Rendimento	1h 14' 22" x ha^{-1}
Mão-de-obra envolvida	01 agricultor tratorista
Trator	Valmet 985 S
- Consumo de óleo Diesel	16,5300 litros x ha^{-1}
- Consumo de lubrificante	0,1549 litros x ha^{-1}
- Consumo de graxa	0,0372 kg x ha^{-1}
Implemento	Subsolador Laser 7 hastes Stara
- Consumo de graxa	0,0124 kg x ha^{-1}
b) Calagem	
Horas de trabalho x dia^{-1}	08
Rendimento	33' 03" x ha^{-1}
Mão-de-obra envolvida	01 agricultor tratorista 03 agricultores ajudantes
Trator	Valmet 980
- Consumo de óleo Diesel	3,3100 litros x ha^{-1}
- Consumo de lubrificante	0,0606 litros x ha^{-1}
- Consumo de graxa	0,0165 kg x ha^{-1}
Implemento	Distribuidor de calcário JAN 2.500 centrífugo
- Consumo de graxa	0,0055 kg x ha^{-1}
c) Gradagem niveladora	
Horas de trabalho x dia^{-1}	12
Rendimento	1h 06' 06" x ha^{-1}
Mão-de-obra envolvida	02 agricultores tratorista
Trator	Valmet 980
- Consumo de óleo Diesel	10,5400 litros x ha^{-1}
- Consumo de lubrificante	0,1212 litros x ha^{-1}
- Consumo de graxa	0,0331 kg x ha^{-1}
Implemento	Grade niveladora SUPERtatu GNL 42 discos
- Consumo de graxa	0,0540 kg x ha^{-1}

continua...

Continuação do Quadro 1A.

OPERAÇÃO	
d) Semeadura e adubação	
Horas de trabalho x dia^{-1}	08
Rendimento	49’ 35” x ha^{-1}
Mão-de-obra envolvida	01 agricultor tratorista
	02 agricultores ajudante
Trator	Valmet 985 S
- Consumo de óleo Diesel	7,44 litros x ha^{-1}
- Consumo de lubrificante	0,1033 litros x ha^{-1}
- Consumo de graxa	0,0248 kg x ha^{-1}
Implemento	Semeadora adubadora Semeato Par 2.800 SL-S 4 linhas
- Consumo de graxa	0,0248 kg x ha^{-1}
e) Adubação em cobertura	
Horas de trabalho x dia^{-1}	08
Rendimento	37’ 11” x ha^{-1}
	01 agricultor tratorista
Mão-de-obra envolvida	01 agricultores ajudantes
Trator	Valmet 785
- Consumo de óleo Diesel	3,72 litros x ha^{-1}
- Consumo de lubrificante	0,0672 litros x ha^{-1}
- Consumo de graxa	0,0186 kg x ha^{-1}
Implemento	Cultivador adubador com cobertura CAC 4 linhas SUPERtatu
- Consumo de graxa	0,0099 kg x ha^{-1}
f) Capina com tração animal	
Horas de trabalho x dia^{-1}	08
Rendimento	6h 36’ 42” x ha^{-1}
Mão-de-obra envolvida	06 agricultores
Número total de implementos	06
g) Capina manual	
Horas de trabalho x dia^{-1}	08
Rendimento	3h 18’ 36” x ha^{-1}
Mão-de-obra envolvida	21 agricultores
Ferramentas utilizadas	enxadas duas caras e limas KF (não contabilizadas)

continua...

Continuação do Quadro 1A.

OPERAÇÃO	
h) Colheita	
Horas de trabalho x dia^{-1}	12

Rendimento	1h 14’ 23” x ha^{-1}
	01 agricultor operador “titular”
	01 agricultor operador “veterano”
Mão-de-obra envolvida	01 agricultor tratorista
Máquina	Colhedora SLC 6.300
- Consumo de óleo Diesel	14,38 litros x ha^{-1}
- Consumo de lubrificante	0,2924 litros x ha^{-1}
- Consumo de graxa	0,0619 kg x ha^{-1}
Trator	Valmet 985 S
- Consumo de óleo Diesel	7,44 litros x ha^{-1}
- Consumo de lubrificante	0,0825 litros x ha^{-1}
- Consumo de graxa	0,0232 kg x ha^{-1}
Implemento	Carreta graneleira
- Consumo de graxa	0,0160 kg x ha^{-1}

i) Transporte

Total de dias trabalhados	150
Horas de trabalho x dia^{-1} (média)	05
Total de horas trabalhadas	750
Total de quilômetros percorridos	2.716,8
Quilometragem média rodada (por tempo)	3,62 km x h^{-1}
Quilometragem média rodada (por área)	20,05 km x ha^{-1}
Rendimento médio	5h 32´ 24” x ha^{-1}
	01 agricultor tratorista
Mão-de-obra envolvida	04 agricultores ajudantes
Máquina	Caminhão Mercedes Bens 1113 LK
- Consumo de óleo Diesel	6,68 litros x ha^{-1}
- Consumo de lubrificante	0,0332 litros x ha^{-1}
- Consumo de graxa	0,2770 kg x ha^{-1}

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Quadro 2A. Massa, altura, idade e GER dos agricultores e agricultoras envolvidos nas operações do itinerário técnico do agroecossistema milho. Copava, ano agrícola 1999/2000

Operações, número e atividade dos agricultores e agricultoras envolvidos	Dados dos agricultores e agricultoras envolvidos			GER (kcal)
	Massa (kg)	Altura (cm)	Idade (anos completos)	
a) Subsolagem				
agricultor "01" (tratorista)	53	160	50	1.256,25
b) Calagem				
agricultor "02" (tratorista)	54	164	51	1.283,22
agricultor "03"	59	170	21	1.585,37
agricultor "04"	69	175	18	1.768,21
agricultor "05"	73	182	27	1.797,19
c) Gradagem (1ª e 2ª)				
agricultor "02" (tratorista)	54	164	51	1.283,22
d) Semeadura e adubação				
agricultor "01" (tratorista)	53	160	50	1.256,25
agricultor "06"	84	172	27	1.898,44
agricultor "07"	70	170	23	1.723,06
e) Adubação de cobertura				
agricultor "08" (tratorista)	65	175	25	1.665,75
agricultor "09"	62	163	18	1.611,96
f) Capina com tração animal				
agricultor "10"	60	160	48	1.366,06
agricultor "11"	62	170	17	1.653,74
agricultor "12"	58	160	18	1.541,96
agricultor "13"	61	170	15	1.653,55
agricultor "14"	58	160	32	1.447,04
agricultor "15"	70	170	30	1.675,60
g) Capina manual				
agricultor "07"	70	170	23	1.723,06
agricultor "16"	50	170	15	1.502,30
agricultor "17"	77	160	20	1.789,65
agricultor "18"	72	165	35	1.644,20

continua...

Continuação do Quadro 2A.

Operações, número e atividade dos agricultores e agricultoras envolvidos	Dados dos agricultores e agricultoras envolvidos			GER (kcal)
	Massa	Altura	Idade	

	(kg)	(cm)	(anos completos)	
agricultor "19"	83	180	59	1.707,73
agricultor "20"	66	166	62	1.383,64
agricultor "21"	67	160	18	1.665,71
agricultor "22"	70	172	23	1.733,06
agricultor "23"	48	145	18	1.329,46
agricultor "24"	67	168	62	1.407,39
agricultor "25"	62	170	60	1.362,20
agricultor "26"	74	184	17	1.888,74
agricultor "27"	66	170	41	1.546,02
agricultor "28"	80	163	38	1.256,25
agricultor "29"	60	170	20	1.605,90
agricultor "30"	42	150	17	1.278,74
agricultora "01"	61	163	22	1.436,75
agricultora "02"	63	163	33	1.404,39
agricultora "03"	62	160	22	1.440,76
agricultora "04"	60	158	20	1.427,30
agricultora "05"	62	160	20	1.450,12
h) colheita				
agricultor "31" (operador veterano)	53	163	50	1.271,25
agricultor "03" (operador titular)	59	170	21	1.585,37
agricultor "01" (tratorista)	53	160	50	1.256,25
i) transporte				
agricultor "32" (motorista)	95	180	22	2.123,59
agricultor "33" (ajudante)	62	169	28	1.574,16
agricultor "34" (ajudante)	68	164	25	1.652,00
agricultor "08" (ajudante)	65	175	25	1.665,75
agricultor "35" (ajudante)	80	169	28	1.821,66

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Quadro 3A. Peso de embarque dos tratores e peso das demais máquinas implementos e pneus utilizados no agroecossistema milho. Copava, safra 1999/2000

Máquina, implemento e pneus	**peso (em kgf)**
Trator Valmet 785	3.200,000
2 pneus 7.50-16 F2	33,580
2 pneus 13.6-38 R1	130,000
Trator Valmet 980	4.530,000
2 pneus 14.9-24 R1	130,000
2 pneus 23.1-26 R2	321,600
Trator Valmet 985 S	4.650,000
2 pneus 14.9-24 R1	130,000
2 pneus 23.1-26 R2	321,600
Colhedora SLC 6.300 versão básica	7.200,000
Plataforma	1.400,000
2 pneus 10.5/80-18	46,886
2 pneus 18.4-30	194,242
Caminhão Mercedes Bens 1113 LK	3.700,000
6 pneus 900-20	220,272
Subsolador Laser 7 hastes STARA	1.600,00
2 pneus RA 45 7.50-16	29,222
Distribuidora de calcário JAN 2.500 centrífugo	750,000
2 pneus RA 45 7.50-16	29,222
Grade niveladora leve SUPERtatu GNL-42 série 479 42 discos	750,000
2 pneus RA 45 7.50-16	29,222
Semeadora adubadora SEMEATO PAR 2.800 SLS 4 linhas	2.720,000
2 pneus RA 45 7.50-16	29,222
Cultivador adubador com cobertura CAC 4 linhas SUPERtatu	300,000
Cultivador de tração animal	15,000
Carreta graneleira	1.953,000
2 pneus 18.4-30	194,242

Fonte: Fabricantes (Valtra do Brasil e Goodyear) e dados da pesquisa de campo.

Quadro 4A. Massa dos contrapesos “standard” (STD) de tratores agrícolas Valtra (Valmet)

Modelo	**Número total**	**Forma e/ou localização**	**massa unitária (kg)**
Valmet 785	4	longitudinal dianteiros	35
	4	traseiros	50
	10	transversais dianteiros	35
Valmet 980 4X4 turbo	8	traseiros	85
	10	transversais dianteiros	35
Valmet 985 S	8	traseiros	85

Fonte: Comunicação pessoal Valtra do Brasil (2001).

Quadro 5A. Quantidade de pontos de engraxamento, momento e número de injeções por maquinário, implemento e equipamento utilizados no itinerário técnico do agroecossistema milho. Copava, ano agrícola 1999/2000

Máquinas, implementos e equipamentos	**Pontos de engraxamento (número)**	**Momento (horas de trabalho)**	**Injeções por ponto (número)**
Valmet 785	15	8,0	03
Valmet 980	15	10,0*	03
Valmet 980 S	15	10,0*	03
Subsolador Asa-CR-DCR Laser 7 hastes STARA	08	12,0	02
Distribuidora de calcáreo JAN 2.500 Centrífugo	05	8,0	03
Grade niveladora SUPERtatu GNL 42 discos	38	12,0	02
Semeadora adubadora SEMEATO PAR 2.800 SLS 4 linhas	62	8,0	02
Cultivador adubador com cobertura CAC SUPERtatu 4 linhas	08	8,0	03
Colhedora SLC 6.300	25	12,0	03
Caminhão Mercedes Benz 1113 LK	25	10,0	03
Carreta graneleira	06	7,5	03

* média

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Quadro 6A. Locais de lubrificação, volume utilizado, especificação do lubrificante e momento de troca por trator usado no itinerário técnico do agroecossistema milho. Copava, ano agrícola 1999/2000

Tratores	Local	Volume (litro)	Especificação	Momento (horas)
Valmet 785			SAE 30 API CD ou	
	Carter do motor	8,75	SAE 15W/40 API CE	Cada 250
	Caixa de câmbio e diferencial	18,50	SAE 90 API GL 5	Cada 500
			ÓLEO MULTIFUNCIONAL	
	Transmissão final e freio	9,00	TOU (Tractor Of Universal)	Cada 1.000
			ISSO VG 68 ou	Cada 1.000
	Sistema hidráulico	23,00	HYSPYN AWS 68	
	Eixo dianteiro	4,50	SAE 90 API GL 5	Cada 1.000
Valmet 980			SAE 30 API CD ou	
	Carter do motor	11,00	SAE 15W/40 API CE	Cada 250
	Caixa de câmbio, diferencial, sistema hidráulico e transmissão final		ÓLEO MULTIFUNCIONAL TOU (Tractor Of	
		66,00	Universal)	Cada 1.000
	Eixo dianteiro	6,25	SAE 90 API GL 5	Cada 1.000
Valmet 985 S			SAE 30 API CD	Cada 250
	Carter do motor	13,00	SAE 15W/40 API CE	
			SAE J1703 FLUID ou	
	Sistema de freios	0,125	ABNT 155 TIPO	
			NORMAL B	Cada ano
	Caixa de câmbio, diferencial, tomada de potência, sistema hidráulico e transmissões		ÓLEO MULTIFUNCIONAL TOU (Tractor Of	
	finais	66,00	Universal)	Cada 1.000
	Eixo dianteiro (tração)	5,50	SAE 90 API GL 5	Cada 1.000
	Eixo dianteiro (red. planetária)	1,50	SAE 90 API GL 5	Cada 1.000

Fonte: Dados do manual dos tratores Valtra do Brasil e dados da pesquisa de campo.

Quadro 7A. Vida útil e horas por ano de máquinas e implementos agrícolas

Máquinas e implementos	vida útil (anos)	horas de uso / ano
Trator de rodas	10	800
Colhedora	8	250
Subsolador	8	250
Distribuidor de calcário	8	200
Grade	8	250
Semeadora	8	200
Adubador de cobertura	8	200
Cultivador	8	250
Carreta graneleira	8	350
Caminhão*	10	1.500

Fonte: ASAE, apud Leonardo Júnior (2000) e *revendedores e dados da pesquisa de campo.

Quadro 8A. Jornada de trabalho; coeficientes de tempo de operação; mão-de-obra utilizada; modelo de máquina e implemento e consumos de óleo Diesel, lubrificante e graxa nas gradagens realizadas no itinerário técnico do agroecossistema milho cultivado pela Copava, safra 1999/2000

OPERAÇÃO	
Gradagem niveladora	
• **1ª gradagem niveladora**	
Horas de trabalho x dia^{-1}	12
Rendimento	37’ 11” x ha^{-1}
Mão-de-obra envolvida	01 agricultor tratorista
Trator	Valmet 980
- Consumo de óleo Diesel	5,58 litros x ha^{-1}
- Consumo de lubrificante	0,0682 litros x ha^{-1}
- Consumo de graxa	0,0186 kg x ha^{-1}
Implemento	Grade niveladora supertatu GNL 42 discos
- Consumo de graxa	0,0304 kg x ha^{-1}
• **2ª gradagem niveladora**	
Horas de trabalho x dia^{-1}	12
Rendimento	28’ 55” x ha^{-1}
Mão-de-obra envolvida	01 agricultor tratorista
Trator	Valmet 980
- Consumo de óleo Diesel	4,96 litros x ha^{-1}
- Consumo de lubrificante	0,0530 litros x ha^{-1}
- Consumo de graxa	0,0145 kg x ha^{-1}
Implemento	Grade niveladora supertatu GNL 42 discos
- Consumo de graxa	0,0236 kg x ha^{-1}

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Quadro 9A. "Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na 1ª gradagem

TIPO, fonte e **forma**	**"Entradas" culturais**	**%**
ENERGIA DIRETA	**248,90**	**95,46**
Biológica	0,19	0,08
- Mão-de-obra	**0,19**	**100,00**
Fóssil	248,71	99,92
- Óleo Diesel	**243,89**	**98,06**
- Lubrificante	**2,69**	**1,08**
- Graxa	**2,13**	**0,86**
ENERGIA INDIRETA	**11,85**	**4,54**
Industrial	11,85	100,00
- Trator	**9,05**	**76,36**
- Implemento	**2,80**	**23,64**
TOTAL	**260,75**	**100,00**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Quadro 10A. "Entrada" de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ x ha^{-1}, e participações percentuais na 2ª gradagem

TIPO, fonte e **forma**	**"Entradas" culturais**	**%**
ENERGIA DIRETA	**243,01**	**96,35**
Biológica	0,14	0,06
- Mão-de-obra	**0,14**	**100,00**
Fóssil	242,87	99,94
- Óleo Diesel	**216,79**	**89,26**
- Lubrificante	**2,09**	**0,86**
- Graxa	**1,65**	**0,68**
ENERGIA INDIRETA	**9,21**	**3,65**
Industrial	9,21	100,00
- Trator	**7,03**	**76,34**
- Implemento	**2,18**	**23,66**
TOTAL	**252,23**	**100,00**

Fonte: Dados da pesquisa de campo.