

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

**QUANTIFICAÇÃO ECONÔMICA E ENERGÉTICA EM CULTURA DE  
CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DA ALTA PAULISTA**

**REINALDO DE OLIVEIRA NOCCHI**

**Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para  
obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia  
na Agricultura )**

**BOTUCATU – SP  
Maio – 2007**

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

**QUANTIFICAÇÃO ECONÔMICA E ENERGÉTICA EM CULTURA DE  
CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DA ALTA PAULISTA**

**REINALDO DE OLIVEIRA NOCCHI**

**ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ ROBERTO ALMEIDA GABRIEL**

**BOTUCATU – SP  
Maio – 2.007**

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

|       |  |
|-------|--|
| N756q | <p>Nocchi, Reinaldo de Oliveira, 1959-<br/>Quantificação econômica e energética em cultura de cana<br/>de-açúcar na região da alta paulista - SP / Reinaldo de<br/>Oliveira Nocchi - Botucatu : [sn] , 2007 .<br/>xvi, 74 f. : gráfs, tabs.</p> <p>Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,<br/>Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2007<br/>Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto Almeida Gabriel<br/>Inclui bibliografia</p> <p>1. Cana-de-açúcar . 2. Cana-de-açúcar - Aspectos econômicos. 3.<br/>Recursos energéticos na agricultura. 4. Agricultura - Consumo de<br/>energia. I. Gabriel Luiz Roberto Almeida. II. Universidade<br/>Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu)<br/>Faculdade de Ciências Agronômicas . III. Título .</p> |
|-------|--|

## **DEDICATÓRIA**

**Este trabalho é dedicado aos meus pais Ivair e Nilza, que sempre me deram apoio e incentivo e aos meus filhos Guilherme e Gustavo que me serviram como inspiração, permitindo assim a sua realização.**

## **AGRADECIMENTOS**

**Agradeço aos professores da pós-graduação da UNESP – Campus de Botucatu pelo apoio.**

**Agradeço, em especial, ao Prof. Dr. Luiz Roberto Almeida Gabriel, mais do que um orientador, um amigo de todas as horas, um exemplo de dignidade e competência.**

**Não poderia também deixar de agradecer de forma especial àqueles professores que diretamente estiveram conosco nessa caminhada, o Prof. Dr. Angelo Cataneo, o Prof. Dr. Kleber Pereira Lanças, o Prof. Dr. Zacarias Xavier de Barros e o Prof. Dr. Flávio Ferrari Aragon.**

**Ainda que não fazendo parte da comunidade da pós-graduação da UNESP - Campus de Botucatu, mas sempre estando presentes nos momentos mais importantes de nossas vitórias, agradeço imensamente ao Prof. Dr. Jurandir Savi e ao Prof. Dr. Geraldo Elvio Balistrero.**

**Agradeço ainda aos meus amigos e considerados como verdadeiros irmãos Rogério Buchala, Luís Roberto Almeida Gabriel Filho e Camila Pires Cremasco Gabriel.**

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "QUANTIFICAÇÃO ECONÔMICA E ENERGÉTICA EM CULTURA DE  
CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DA ALTA PAULISTA"

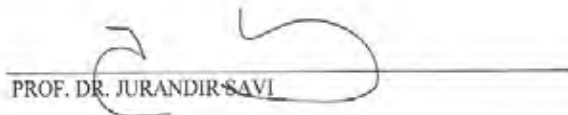
ALUNO: REINALDO DE OLIVEIRA NOCCHI

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ ROBERTO ALMEIDA GABRIEL

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
PROF. DR. LUIZ ROBERTO ALMEIDA GABRIEL

  
PROF. DR. GERALDO ELVIO BALISTRIERO

  
PROF. DR. JURANDIR SAVI

Data da Realização: 29 de maio de 2007.

**[...] Como não lhe disseram ser impossível, ele foi lá e fez [...]**

**Autor desconhecido**

## RESUMO

A cultura de cana-de-açúcar exige, para a sua produção (pré-plantio, plantio, colheita e transporte), a utilização de insumos agrícolas que geram um alto consumo energético e econômico. O objetivo do presente trabalho consistiu na quantificação energética (consumo e produção da energia) e econômica (receitas, custos e resultado bruto). Objetivou também a demonstração da viabilidade para substituição da colheita manual, pela colheita mecânica, permitindo o melhor uso da biomassa. Para tal demonstração, foram utilizadas equações algébricas e matrizes, instrumentos que permitiram o cálculo dos quantitativos energéticos e econômicos referentes às duas colheitas de cana-de-açúcar. Foram identificadas quantificações energéticas negativas para ambos os tipos da colheita, na manual (consumo da energia de 22.964.098,44 kcal/ha, produção da energia de 1.407.282,87 kcal/ha), e na mecânica (consumo da energia de 25.336.723,03 kcal/ha, produção da energia de 1.343.781,30 kcal/ha). Os resultados econômicos mostraram-se positivos : colheita manual com receitas de R\$ 61.079,92, custo de produção de R\$ 39.637,82 e resultado bruto de R\$ 21.442,10; colheita mecânica com receitas de R\$ 69.250,63, custo de produção de R\$ 43.157,70 e resultado bruto de R\$ 26.092,93, para ambas as colheitas de cana-de-açúcar. Além disso, verificou-se a evidência clara da superioridade da colheita mecânica, tanto no aspecto energético, quanto no aspecto econômico.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, quantificações energéticas, resultados econômicos



ENERGETIC AND ECONOMICAL CALCULATION IN CULTURE OF DE CANE-SUGAR IN THE REGION OF ALTA PAULISTA. Botucatu, 2.007, 90 p

Dissertação ( Mestrado em Agronomia / Área de concentração - Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista

Author: REINALDO DE OLIVEIRA NOCCHI

Adviser: LUIZ ROBERTO ALMEIDA GABRIEL

### **ABSTRACT**

The culture of the sugar-cane demands, a production (preplantation, plantation and transport), wich uses agricultural products and it generates one high energetic and economical consumption. This work estimatives energetic quantity (consumption and production of energy) and economical quantity (earnings, costs and brut result). It also intends to show that manual harvest can be substituted by the mechanic harvest, permitting the best use of the biomass. For this demonstration, it makes use of algebras and matrix equations, instruments who permit the calculus of the energetics and economics quantitatives concerning to the two harvests of the sugar-cane. It identifies negative energetic quantitatives for both kinds types of harvest; in manual harvest (energetic consumption of the 22.964.098,44 Kcal/ha, energetic production of the 1.407.282,87 Kcal/ha), and in mechanic harvest (energetic consumption of the 25.336.723,03 Kcal/ha, energetic production of the 1.343.781,30 Kcal/ha). The economical results were positive: manual harvest with revenues of the R\$ 61.079,92 ; expense of the production R\$ 39.637,82 and gross income, R\$ 21.442,10; mechanical harvest with revenues of the R\$ 69.250,63 ; expense of the production R\$ 43.157,70 and gross income, R\$ 26.092,93 ; for both harvests of the sugar-cane got positive results, it was found evidence of superiority in mecanic harvest, as for energetic and economic aspect.

Keywords: Sugar-cane; energetics quantities; economical results.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| LISTA DE TABELAS E FIGURAS .....  | 11 |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS .....  | 13 |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 15 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....  | 21 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....   | 35 |
| 3.1. Caracterização das condições do experimento .....                                      | 35 |
| 3.2. Métodos .....  | 35 |
| 3.2.1. Segmentação dos dados de produção e colheita .....                                   | 36 |
| 3.2.2. Perdas dos materiais oriundos dos tipos de colheita .....                            | 36 |
| 3.2.3. Métodos para conversão em energia .....  | 37 |
| 3.2.3.1. Método algébrico na produção de cana-de-açúcar .....                               | 37 |
| 3.2.3.2. Método algébrico dos materiais oriundos<br>das colheitas manual e mecanizada ..... | 42 |
| 3.2.3.3. Método matricial para matrizes consumo .....                                       | 43 |
| 3.2.3.4. Método matricial para matrizes produção .....                                      | 44 |
| 3.2.4. Detalhamento dos custos de produção .....  | 44 |

|  |    |
|--|----|
| 4. RESULTADOS .....  | 51 |
| 4.1. Cálculo algébrico para conversão energética .....                           | 51 |
| 4.2. Cálculo algébrico dos custos de produção .....                              | 56 |
| 4.3. Cálculo algébrico das receitas de comercialização .....                     | 58 |
| 4.4. Cálculo algébrico dos resultados econômicos brutos de comercialização ..... | 60 |
| 4.5. Cálculo matricial do consumo energético .....                               | 60 |
| 4.6. Cálculo matricial da produção energética .....                              | 65 |
| 4.7. Cálculo matricial para valores econômicos .....                             | 70 |
| 4.7.1. Cálculo matricial para os custos de produção .....                        | 71 |
| 4.7.2. Cálculo matricial para as receitas de comercialização .....               | 75 |
| 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO .....   | 76 |
| 6. CONCLUSÃO .....   | 81 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 83 |

## LISTA DE TABELAS E FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1. Materiais obtidos na colheita de cana-de-açúcar, poder calórico e fórmulas para o cálculo do total de sua energia ..... | 43 |
| Tabela 2. Conversão energética para produção de cana-de-açúcar, colheitas manual e mecanizada safra 2003/2004 .....               | 53 |
| Tabela 3. Conversão energética para produção de cana-de-açúcar, colheitas manual e mecanizada safra 2004/2005 .....               | 54 |
| Tabela 4. Conversão energética para produção de cana-de-açúcar, colheitas manual e mecanizada safras 2003/2004 e 2004/2005 .....  | 54 |
| Tabela 5. Conversão energética dos materiais da colheita de cana-de-açúcar safra 2003/2004 .....                                  | 55 |
| Tabela 6. Conversão energética dos materiais da colheita de cana-de-açúcar safra 2004/2005 .....                                  | 56 |
| Tabela 7. Conversão energética dos materiais da colheita de cana-de-açúcar, safras 2003/2004 e 2004/2005 .....                    | 56 |
| Tabela 8. Total dos custos para a produção de cana-de-açúcar, safra 2003/2004 .....   | 57 |

|  |    |
|--|----|
| Tabela 9. Total dos custos para a produção de cana-de-açúcar, safra 2004/2005.....   | 58 |
| Tabela 10. Total dos custos para a produção de cana-de-açúcar,<br>safras 2003/2004 e 2004/2005 .....   | 58 |
| Tabela 11. Receitas na comercialização dos materiais produzidos<br>nos dois tipos de colheita, safra 2003/2004 .....                           | 59 |
| Tabela 12. Receitas na comercialização dos materiais produzidos<br>nos dois tipos de colheita, safra 2004/2005 .....                           | 60 |
| Tabela 13. Receitas na comercialização dos materiais produzidos<br>nos dois tipos de colheita, safras 2003/2004 e 2004/2005 .....              | 60 |
| Tabela 14. Resultados econômicos na comercialização dos materiais<br>produzidos nos dois tipos de colheita, safras 2003/2004 e 2004/2005 ..... | 61 |
| Figuras  |    |
| Figura 1. Mapa do estado de São Paulo – região da Alta Paulista .....  | 35 |
| Figura 2. Quantitativos de produção dos materiais<br>das colheitas manual e mecanizada .....   | 69 |
| Figura 3. Porcentagem energética dos materiais da colheita manual .....  | 70 |
| Figura 4. Porcentagem energética dos materiais da colheita mecanizada .....  | 71 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

|        |   |
|--------|---|
| Apl    | aplicação   |
| Aq     | aquamônia (fertilizante)  |
| ba     | bagaço  |
| cal    | calcáreo  |
| cent   | Cention   |
| co     | combustíveis (diesel e gasolina)                                  |
| col    | colheita  |
| d      | defensivo   |
| di     | diesel  |
| Ec     | consumo de energia do combustível                                 |
| Ed     | consumo de energia dos defensivos                                 |
| Ef     | consumo de energia para fabricação das máquinas                   |
| Ema    | valor energético do material utilizado na fabricação das máquinas |
| Emo    | consumo de energia para a mão-de-obra                             |
| Emu    | energia consumida para as mudas                                   |
| Enleir | enleiramento  |
| Er     | energia gasta para manutenção e reparos                           |
| f      | fertilizante  |
| flui   | Fluida (fertilizante)   |
| ga     | gasolina  |
| gam    | Gamit (herbicida)   |
| ges    | Gesapax (herbicida)   |
| h      | horas trabalhadas   |
| he     | herbicida   |
| i      | impurezas vegetais  |
| in     | inseticida  |
| Kgf    | quilograma força  |
| K2O    | potássio  |
| ma     | máquinas (tratores, caminhões, implementos)                       |

|            |   |
|------------|---|
| mat/indust | material industrializado                                |
| mat/reman  | material remanescente                                   |
| mi         | material industrializado                                |
| mo         | mão-de-obra   |
| moc        | mão-de-obra (colheita manual)                           |
| mom        | mão-de-obra (motoristas)                                |
| mr         | material remanescente                                   |
| mu         | mudas   |
| N          | nitrogênio  |
| P          | peso  |
| p          | perdas  |
| pla        | plantio   |
| pre        | preparo do solo   |
| P2O5       | Fósforo   |
| TEba       | total de energia do bagaço                              |
| TEc        | total de energia contida no combustível                 |
| TEd        | total de energia nos defensivos                         |
| TEf        | total de energia nos fertilizantes                      |
| TEi        | total de energia contida nas impurezas vegetais         |
| Tema       | consumo total de energia para a fabricação das máquinas |
| Temo       | consumo total de energia para a mão-de-obra             |
| Temi       | total de energia do material industrializado            |
| TEmr       | total de energia do material remanescente               |
| TEmu       | consumo total de energia para a produção de mudas       |
| Tep        | total de energia do material perdido                    |
| Tra        | transporte  |

## **1. INTRODUÇÃO**

A oferta interna de energia no país, em 2.002, foi de 198 milhões de toneladas equivalentes de petróleo – tep, montante 196% superior ao de 1.970 e equivalente a 2% da demanda mundial. Importante setor da infra-estrutura econômica, a indústria de energia no Brasil responde pelo abastecimento de 86% do consumo nacional. Os 14% restantes são importados – principalmente petróleo e derivados, carvão mineral, gás natural e, em quantidade menor, energia elétrica.

No Brasil, cerca de 41% da oferta interna de energia tem origem em fontes renováveis, enquanto que no mundo essa taxa é 14% e nos países desenvolvidos é de apenas 6%. Dos 41% de energia renovável, 14% correspondem a geração hidráulica e 27% à biomassa. Os 59% restantes da oferta interna de energia são oriundos de fontes fósseis e outras não renováveis.

A crescente preocupação da sociedade mundial com o ambiente vem gerando pressão sobre o uso de combustíveis fósseis, os quais se apresentam como os grandes responsáveis pela emissão de gases poluentes na atmosfera. Vários países estão buscando reduzir ao máximo o uso desses combustíveis, seja pela substituição do produto ou pela adição de outros combustíveis para diminuir a carga poluidora.



À medida que a expectativa de escassez de energia aumentar e as jazidas de petróleo se esgotarem, o preço da energia tenderá a subir. Este fato favorece a demanda para implantação de tecnologias alternativas, que deverão apresentar menores impactos ecológicos na produção agrícola, equilíbrio na relação produção de alimentos versus produção de energia e, maior eficiência energética nos processos de produção.

Atualmente, a cana-de-açúcar é uma das maiores opções dentre as fontes de energia renováveis, apresentando grande importância no cenário agrícola brasileiro e um futuro promissor no cenário mundial.

Os fatores que interferem na produção e maturação da cultura da cana-de-açúcar, estão sendo constantemente estudados sob diferentes aspectos. Embora se reconheça a influência de fatores básicos de produtividade como o clima, o solo e variedades, a produção agrícola é, seguramente dependente da energia investida na cultura, a qual, notadamente, depende de certas fontes que, em sua maioria, dependem do petróleo.

No Brasil, havia por volta de 308 usinas sucroalcooleiras representando uma moagem de 300 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, safra 2002/2003 . Desse total, o estado de São Paulo é responsável por volta de 65% de toda a cana moída no Brasil, o que possibilita um excedente de bagaço de 55 milhões de toneladas. Há somente no estado de São Paulo, 172 usinas termoelétricas sendo que, 141 usinas são do segmento sucroalcooleiro. Observa-se que em vários casos as usinas têm optado por aumentar significativamente sua produção de cana, mas não há investimento em tecnologias mais eficientes no que se refere à co-geração de energia.

A cana-de-açúcar destaca-se como uma das principais culturas, na maioria das localidades do estado de São Paulo, liderando em 16 regiões, tendo sido responsável por 29,55% do valor total da produção agropecuária paulista, em 2.002 .

Sabe-se que a cultura da cana-de-açúcar apresenta uma grande quantidade de biomassa. O bagaço é aproveitado como combustível para as caldeiras e ainda existe o material remanescente, que de maneira geral são queimados. A sobra dessa queima fica depositada no solo, apodrecendo e criando certas dificuldades para as operações mecanizadas que normalmente são realizadas visando o próximo plantio ou para a rebrota.

Na produção de etanol no Brasil, combustíveis fósseis somente são utilizados para a movimentação de máquinas agrícolas e caminhões. O calor e a eletricidade necessários para os processos industriais, de modo geral, é toda renovável, obtida por meio da queima do bagaço de cana. Entretanto, as diferentes plantas instaladas aproveitam esse combustível renovável com eficiências bastante distintas. Nas destilarias mais antigas é comum a queima de bagaço com baixa eficiência para que estas se vejam livres dos resíduos, enquanto em plantas mais modernas o bagaço é queimado em caldeiras de alta pressão, componentes de sistemas de co-geração capazes de fornecer toda a energia necessária à planta e também gerar excedentes de eletricidade para entrega à rede nacional integrada.

É grande o potencial de melhoria da produção de etanol por meio da otimização do uso do bagaço e da palha da cana na geração da energia. O bagaço produzido pelas usinas brasileiras tende a ser uma importante fonte de combustível renovável para a produção de eletricidade no Brasil. Além disso, a palha da cana, hoje deixada no campo ou queimada antes da colheita, se aproveitada, representaria uma alavancagem significativa em termos de óleo equivalente.

Os impactos sobre o meio ambiente e os efeitos negativos à saúde das populações circunvizinhas às áreas de cultivo de cana-de-açúcar são originários, entre outras razões, quando da queima dos canaviais, da emissão de gases à atmosfera como o eteno e outros hidrocarbonetos, que são precursores da formação de ozônio troposférico, principal substância responsável por aumentos na frequência de problemas respiratórios em seres humanos. A emissão de ácidos e compostos que uma vez depositados na água e no solo tendem a aumentar a acidez do meio, apresentando conseqüências como declínio florestal, mortandade de peixes,

corrosão de metais e desintegração de revestimento de superfícies metálicas e de materiais minerais de construção. Ainda a emissão de compostos tóxicos que atingem fauna e população humana, por meio de respiração de ar com concentrações eventualmente elevadas.

Depois da entrada em vigor do protocolo de Quioto e de seu mecanismo de desenvolvimento limpo, e com a onda recente de investimentos em novas destilarias, a queima do bagaço com alta eficiência em sistemas de co-geração está se tornando tendência predominante.

O aproveitamento da palha da cana-de-açúcar depende fundamentalmente da mecanização da colheita, que vem se ampliando de modo mais lento que se poderia esperar, e que tem metas legais muito modestas de expansão nos próximos anos, de acordo com a lei 11241/02 , que prevê a total eliminação da queima de cana pré-colheita, no estado de São Paulo, somente para o ano de 2.030.

Visando um melhor aproveitamento energético desse material, seria razoável que a cultura deixasse de ser queimada, propiciando condições mais favoráveis para a colheita mecanizada, sendo que a colheita dessa cana crua de forma manual traria uma diminuição de sua produtividade.

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua apresenta vantagens em relação à colheita manual, porém traz também algumas desvantagens. Além da rapidez e melhor aproveitamento da biomassa para a co-geração de energia, a colheita mecanizada também pode ser realizada em condições adversas de clima (umidade) e em horários mais flexíveis, podendo ser realizada também no período noturno. O fato da permanência da palhada no campo, fortalece a estrutura física do solo, acumulando nutrientes no mesmo, promovendo redução nos gastos com os tratos culturais, aumentando o teor de açúcar na cana e economizando mão-de-obra. Porém, a colheita mecanizada apresenta como inconvenientes o aumento de custos de transporte, em função da densidade ser menor, o aumento da

compactação do solo, devido ao peso das máquinas, e a questão da limitação relacionada às operações em terrenos com até 10% de declive como fator de segurança.

O setor sucroalcooleiro emprega um grande contingente de pessoas, sendo que muitas delas na produção agrícola, sobretudo no corte da cana, tendo em vista que um percentual muito significativo da colheita da safra é realizada de forma manual. A mecanização depende da topografia, já que as colheitadeiras somente podem ser utilizadas em áreas com declive de até 12%. O avanço do processo de mecanização na colheita de cana-de-açúcar, apesar de lento, tem desencadeado vários problemas sociais.

Percebe-se, mesmo considerando os avanços na regulação do setor que a agroindústria canavieira tem dedicado pouca atenção aos problemas sociais envolvidos no processo produtivo, sendo ainda bastante freqüentes a ameaça da redução do emprego, a precarização do trabalho e o desrespeito à legislação brasileira.

Tanto as condições precárias de trabalho no corte manual como as implicações ambientais, e a saúde humana do uso da prática de queimadas prévia ao corte da cana têm impulsionado o debate em favor da adoção da prática de corte mecanizado para a modernização do setor.

É importante ainda observar que, em que pese a concentração de propriedades rurais na indústria canavieira, é grande a participação de pequenos e médios proprietários independentes com propriedades menores de 150 hectares contribuem com boa parcela da produção total de cana-de-açúcar. Estes proprietários, porém, não vivem na terra, em sua maioria arrendam-nas para as usinas. É preciso portanto diferenciar o tamanho da propriedade da atividade agrícola familiar, que não é característica da agroindústria canavieira.

O aumento de produção na agroindústria canavieira está intimamente relacionado à incorporação de novas áreas para que a produção de cana-de-açúcar possa crescer. Esta

expansão geográfica de monocultura da cana reconfigura o espaço geográfico e pressiona modos de vida tradicionais e as atividades da agricultura familiar.

Em função dos aspectos analisados anteriormente, verificamos uma forte tendência no sentido do empreendedor da área de agronegócios do segmento sucroalcooleiro vir a se deparar, num futuro próximo, com maiores dificuldades energéticas e econômicas, em suas operações agrícolas, motivo pelo qual deverá existir uma atenção especial, quanto à adoção de mudanças nos sistemas de produção, que venham a privilegiar a conservação de energia, a minimização dos custos de produção, a recuperação e o adequado aproveitamento da biomassa.

Justificou-se portanto, o foco do presente trabalho ter consistido na quantificação energética (consumo e produção) e econômica (receitas, custos e resultados bruto), desse segmento do agronegócio, a fim de evidenciar a viabilidade da atividade.

Partiu-se da hipótese de que existia uma supremacia da colheita mecanizada sobre a colheita manual, nos aspectos técnico e econômico da cultura da cana-de-açúcar, e evidenciada pelo cálculo do consumo total de energia capaz de minimizar os custos de produção.

Para a realização do presente trabalho foram realizados levantamentos de dados, junto a um talhão<sup>1</sup> em uma propriedade, em sistema de arrendamento e para uma variedade de cana-de-açúcar, em uma usina, situada na região da Alta Paulista, oeste do estado de São Paulo, pertinentes aos inputs e outputs selecionados para dois ciclos de produção da cana-de-açúcar, assim como sua conversão energética e econômica, que serviram de parâmetro para a análise de resultados e conclusões sobre sua viabilidade.

---

<sup>1</sup> espaço de terra que consta do mesmo tipo de solo e mesma variedade de cana-de-açúcar

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

Na empresa rural, a questão do consumo energético reveste-se de grande importância na produção agrícola, constituindo-se em mais um fator que deverá compor, juntamente com o fator econômico, o processo de tomada de decisões de investimentos.

Apesar de ser pequena a parcela de energia consumida pela agricultura em relação a todos os outros segmentos da sociedade moderna, é muito significativa quando considerada em valores absolutos.

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos estudando as questões pertinentes à conversão necessária para obtenção do consumo energético de fatores de produção de culturas agrícolas.

A determinação do consumo energético, do presente trabalho, foi realizado a partir dos quantitativos das variáveis selecionadas, para a produção da cultura de cana-de-açúcar ( mão-de-obra, máquinas, combustíveis, defensivos agrícolas, fertilizantes e mudas) e, dos parâmetros disponíveis, através dos estudos já desenvolvidos, por pesquisadores da área de energia.

A energia de origem fóssil desempenha papel vital nos sistemas de produção agrícola, pois seu preço afeta todos os custos da cadeia produtiva (FLUCK, 1979).

Energia e produção de alimentos estão de tal forma inter-relacionadas, que qualquer impacto nos custos do petróleo transmitem-se e ampliam-se ao longo da cadeia alimentar. Com grande influência no sistema produtivo agrícola, torna-se importante a determinação criteriosa de metas e prioridades, dos pontos em que a pesquisa agropecuária pode dar a sua contribuição na busca pela redução da dependência do uso de derivados do petróleo (RIVALDO, 1988). Na questão energética do país, pouca importância tem sido dada ao balanço energético, sendo as investigações quase sempre direcionadas à busca por novas fontes, a partir de culturas com alto potencial de produção calórica (CARMO et al., 1988; CARMO & COMITRE, 1991).

O balanço energético visa estabelecer os fluxos de energia, identificando a demanda total e eficiência, refletida pelo ganho líquido e pela relação saída / entrada.

Nesse processo, quantificam-se todos os insumos utilizados e produzidos que são transformados em unidades de energia. A estimativa dos balanços de energia e de eficiência energética são importantes instrumentos no monitoramento da agricultura ante o uso de fontes de energia não renováveis (HETZ 1994, citado por SIQUEIRA et al., 1999; BUENO et al., 2000).

Em uma investigação na produção de milho nos Estados Unidos, avaliando a relação (*kcal produzida*)/(*kcal consumida*), PIMENTEL et al. (1973) verificaram um decréscimo de 3,7, em 1945, para 2,8, em 1970. Apesar do rendimento médio do milho ter aumentado aproximadamente 2,4 vezes, a média dos insumos energéticos utilizados aumentou de 0,9 para 2,9 milhões de kcal. A avaliação da energia gerada nos processos agrícolas, seja para alimentar a população, ou como combustível, para substituir os derivados de petróleo, permite verificar se o setor agrícola está ou não, cumprindo esses objetivos, ou de que forma poderia ser conduzido (CASTANHO FILHO & CHABARIBERY, 1983). A importância da análise do balanço energético é fornecer parâmetros necessários para mensurar, interpretar e subsidiar a tomada de decisões (COMITRE, 1993).

A agricultura é caracterizada pela produção (alimentos, fibras, combustíveis como lenha e álcool, resíduos orgânicos como palhas, folhas, esterco) e pelo consumo de energia (energia solar, ar, água, nutrientes orgânicos e minerais do solo) e pela energia adicionada pelas forças humana e animal, fertilizantes e óleo diesel (COSTA BEBER, 1989).

A lei da entropia indica que a energia tende a degradar-se nos processos de utilização, transformando-se de formas úteis em não-úteis, com tendência ao equilíbrio energético global. A lei da entropia deve estimular a poupança energética e definirá comportamento dos indivíduos com relação à natureza (GUERRERO, 1987).

O alerta sobre a escassez relativa de combustíveis fósseis foi transmitido pelos principais países produtores, em outubro de 1973, gerando uma sextuplicação dos preços, o que repercutiu como uma verdadeira catástrofe, pois a agricultura mundial depende desses insumos (FERREIRA & ULBANERE, 1989).

Ironicamente, uma crise pode ter seu lado positivo. CLEVELAND (1995), percebeu clara resposta dos produtores a aumentos de preços, resultando em mudanças técnicas e administrativas que promovem aumento da eficiência energética. O autor detectou aumento global significativo no uso de energia de 1910 até 1970, e uma troca da gasolina por óleo diesel e eletricidade. O uso de todos tipos de combustíveis caiu na década de 1980. Medidas de eficiência energética na produção mostram um declínio substancial até a década de 1970, com substituição de potência animal por mecânica, devido ao baixo preço dos combustíveis fósseis em relação aos outros “inputs”. A eficiência energética na produção subiu na década de 1980 devido à diminuição na taxa de uso de energia.

Uma forma de classificação das entradas de energia, é a divisão nas categorias “Biológica”, “Fóssil” e “Industrial”, como se depara no trabalho de CARMO et al. (1988). Na primeira, consideraram-se as energias humana e animal, resíduos de animais e da agroindústria, sementes e mudas, alimentos para animais, adubação verde e cobertura morta;



na segunda, os produtos e subprodutos do petróleo, tidos como fontes de energia primária, incluindo adubos químicos e agrotóxicos; e na terceira são incluídas as máquinas e equipamentos agrícolas à tração mecânica e animal e a energia elétrica. Este método foi seguido, por exemplo, por CARMO & COMITRE (1991) e BUENO (2002). COMITRE (1993) propôs uma divisão semelhante, tendo, porém, duas grandes matrizes de energia: Direta (biológica, elétrica e fóssil) e Indireta (Industrial, composta por máquinas, calcário, adubo formulado, inseticida e herbicida).

Conforme citação na literatura, a energia consumida na agricultura pode apresentar, ainda, a seguinte classificação: a) Energia que não é utilizada diretamente pelo processo produtivo. É aquela utilizada pelo homem para seu bem-estar (iluminação, aparelhos eletrodomésticos, etc.) e nos trabalhos após a colheita (operações de beneficiamento, transporte, etc.); b) Energia utilizada em operações agrícolas que tornam possível o processo produtivo ou que o torna mais eficiente, mas não fazem parte do produto final, como a fornecida pela mão-de-obra, pelos animais de trabalho e pelas máquinas em operações de aração, gradagem, semeadura, adubação, aplicação de agrotóxicos, podas, capinas e colheita; c) Energia convertida em produto final, gasta na manutenção e no crescimento de animais e plantas ou que será armazenada na forma de alimento ou de material combustível. Incluem-se aqui a energia solar utilizada na fotossíntese, e a contida nos nutrientes do solo e nos fertilizantes (ou nos alimentos, no caso de animais), conforme metodologia adotada por JUNQUEIRA et al. (1982), em trabalho no qual estudaram as formas de uso de energia na agricultura. Entretanto, a forma de classificação da energia mais utilizada tem sido a divisão em energia direta e energia indireta, como se observa nos trabalhos de DELEAGE et al. (1979), ZUCCHETTO & JANSSON (1979), ULBANERE & FERREIRA (1989), PELLIZZI (1992), GABRIEL et al. (1993), CLEVELAND (1995), CAMPOS et al. (2000), CAMPOS (2001), CAMPOS et al. (2003), entre vários outros.

## 2.1. Energia consumida pelo trabalho humano

Considerado como clássico, o trabalho de PIMENTEL et al. (1973), além de vários aspectos importantes da utilização da energia no desenvolvimento da agricultura, também discorre sobre a questão da utilização do trabalho humano.

Caracterizando energeticamente a agricultura, os autores apresentam vários dados relativos à evolução, de 1945 a 1970. A utilização de mão-de-obra na cultura do milho nos EUA foi reduzida de 57 para 22 horas, para cada hectare cultivado. Enquanto o emprego de energia na forma de trabalho humano decresceu 40%, na forma de trabalho mecanizado aumentou em 234%. O rendimento energético reduziu de 3,70 para 2,82, fato que instigou vários pesquisadores pelo mundo a desenvolverem estudos de balanços energéticos.

Uma interrogação que se faz é se seria lógico buscar a conversão do trabalho humano para unidades de energia. Entretanto, medidas da energia proveniente da mão-de-obra têm sido vastamente utilizadas devido ao valor de energia intrínseco que o trabalho muscular possui e também devido ao conteúdo energético do alimento consumido pelo trabalhador. Mais importante, a mão-de-obra, em muitos casos, é substituível, até certo ponto, por outras fontes de entrada (“inputs”) de energia no sistema produtivo (FLUCK, 1981). O consumo de energia pelo trabalho humano é uma parte interessante e controversa no contexto dos balanços energéticos da produção agrícola, uma vez que os autores na área, muitas vezes, possuem idéias e argumentos diferenciados. FLUCK (1981) já ressaltava que numerosos métodos e muita confusão existe com relação à avaliação da energia contida no trabalho. A dificuldade de avaliar o trabalho humano começa ainda na escolha da delimitação do sistema. De fato, diferentes limites do sistema podem promover diferentes definições de trabalho humano (GIAMPIETRO & PIMENTEL, 1990).

As características da atividade agrícola a ser explorada também podem provocar diferenciação no nível de utilização de trabalho humano. PIMENTEL et al. (1983) depreenderam que os “inputs” relativos à mão-de-obra são substancialmente maiores para a

tecnologia orgânica, quando comparada à “convencional”, afirmativa que é compartilhada por WAGSTAFF (1987). De acordo com GIAMPIETRO & PIMENTEL (1990), pode-se assumir que a potência de um homem adulto é de 90 W e de uma mulher, também adulta, é de 60 W. O nível de potência (expressa em Watts) per capita de trabalho humano é dada por (GIAMPIETRO & PIMENTEL, 1990): Potência consumida per capita =  $(x_m 90 + x_f 60)$ ; em que:  $x_m$  = percentual de trabalhadores adultos e  $x_f$  = percentual de trabalhadoras adultas. BANSAL et al. (1988), trabalhando em regiões semi-áridas, consideraram para a atividade braçal de humanos valores de  $0,22\text{MJ h}^{-1}$  para homens adultos e  $0,18\text{MJ h}^{-1}$  para mulheres.

## 2.2. Energia consumida relativa a fertilizantes e agrotóxicos

A produção e aplicação de agrofármacos pode representar pequena parcela da energia empregada na agricultura. De acordo com MATUO (1984), nos EUA a produção e aplicação desses produtos representam pouco mais de 5% do total de energia utilizada e isto representa 0,2% do total de consumo de energia.

SEIXAS & MARCHETTI (1982) estimaram que a agricultura brasileira utilizava 21% de sua energia na forma de combustíveis, 58% na forma de fertilizantes, 14% na forma de agrotóxicos e 6,8% para irrigação, transporte e outros. Para estes dados, os autores não consideraram a energia embutida nas máquinas.

Além dos aspectos energéticos da utilização de fertilizantes químicos, há que se considerar também as implicações ambientais. BOYELDIEU (1975) adverte que a valorização de resíduos, principalmente os orgânicos, deve ser considerada em razão do melhor aproveitamento de adubos e corretivos.

### 2.3. Energia empregada em edificações

Na determinação dos fluxos energéticos, principalmente nos grandes sistemas de produção, o pesquisador deve tipificar as instalações a serem utilizadas na composição dos balanços.

Trabalhando com dois tipos de residências, construídas com diferentes materiais, FERNANDES & SOUZA (1982) encontraram consumo energético de  $0,5 \cdot 10^6 \text{kcal m}^{-2}$  e  $0,24 \cdot 10^6 \text{kcal m}^{-2}$  de área construída, respectivamente. Observaram que as paredes de tijolo cerâmico foram responsáveis por 66% do conteúdo energético total, valor este superior ao conteúdo total da residência que empregou tijolos de concreto. DOERING III (1980) afirmou que, até à época, não havia análises dos vários tipos de estruturas empregadas no meio rural, sugerindo a utilização dos valores de  $1.496.232 \text{ kcal m}^{-2}$  para residências e  $409.041 \text{ kcal m}^{-2}$  para construções de serviço. CAMPOS et al. (2003) determinaram o valor de  $140.318 \text{kcal m}^{-2}$  para instalações destinadas à conservação de feno, em sistema intensivo de produção de leite da Embrapa Gado de Leite, em Juiz de Fora / MG. Tomando-se como base somente a área útil (capacidade estática) para armazenagem dos fardos, este coeficiente energético seria de  $148.717 \text{kcal m}^{-2}$ . Em estudo de balanço de energia na produção de bovinos de leite e de suínos, QUESADA et al. (1987) se depararam com valores de  $158.698 \text{kcal}$  por vaca ano-1 e  $829.530 \text{kcal}$  por 100kg de suíno, como coeficientes de energia empregada em instalações.

Uma análise da agricultura na ilha de Gotland, na Suécia, realizada por ZUCCHETTO & JANSSON (1979), revelou que o item construções participava com apenas 2,3% dentro da energia indireta. DELEAGE et al. (1979) contabilizaram o número e a área das construções e instalações rurais utilizadas na França. Os autores utilizaram valores equivalentes energéticos de  $3,3 \text{GJ kg}^{-1}$  para trabalhos de alvenaria e  $56,1 \text{GJ kg}^{-1}$  para trabalhos com estruturas metálicas. Concluíram que, no ano de 1970, a agropecuária francesa utilizou um total de  $41,2 \text{MGJ}$  em construções e instalações. De acordo com PELLIZZI (1992), as construções rurais destinadas à produção de gado de leite contabilizam de 5 a 11% do consumo específico de energia global, enquanto para as atividades de gado de corte e exploração de leite de

ovinos, o consumo específico de energia para as instalações representa apenas 1 a 2% e 3 a 5%, respectivamente.

#### 2.4. Abrangência do sistema

Os limites de um sistema consumidor de energia podem ser determinados de várias maneiras, podendo incluir somente o poder calorífico de bens comerciais energéticos fornecidos diretamente para a atividade em estudo ou também podem incluir a energia comercial utilizada no suprimento de bens energéticos e outros “inputs”. O sistema energético pode também ser ampliado, incluindo fontes não-comerciais, o trabalho muscular humano ou a energia do alimento. Finalmente, pode-se optar por incluir todo fluxo de energia solar que incide sobre a superfície da terra, ou alguma porção desta (DOVRING, 1985; COSTANZA, 1980).

A energia solar pode ser considerada gratuita, apresentando custo de oportunidade zero e sua não-contabilização, como ressalta COMITRE (1993), não implica maiores restrições ao método. A análise pode também ser enfocada no conceito de energia disponível. Da mesma forma, o combustível no subsolo (carvão mineral) pode ser tratado como não tendo valor, até que seja extraído (DOVRING, 1985).

#### 2.5. Conversão energética

Define-se balanço de energia como atividade ou instrumento destinado a contabilizar as energias produzidas e as energias consumidas em determinado sistema de produção. Seu objetivo principal é traduzir em unidades ou equivalentes energéticos os fatores de produção e os consumos intermediários, possibilitando a construção de indicadores comparáveis entre si, que permitam a intervenção no sistema produtivo visando melhorar sua eficiência (BUENO et al., 2000).

Observando a importância e utilidade deste instrumento, vários pesquisadores têm se utilizado dos balanços de energia para avaliação de sistemas e atividades agrícolas, nas mais diversas proporções, com distintas fronteiras (delimitações) do sistema. Esta preocupação com o emprego da energia na agricultura não é recente; SILVA & GRAZIANO (1977) alertaram as autoridades responsáveis pela fixação de políticas para a pesquisa agropecuária, para a necessidade de direcionamento na busca de modelos poupadores de energia. Trabalhando com respostas aos diferentes níveis de nitrogênio, para diferentes culturas, Schuffelen, citado por BOYELDIEU (1975), encontrou grandes variações nos balanços de energia, destacando-se os valores de 8,4; 1,7 a 4,2; 1,3 a 3,4; 1,7 a 4,2; 1,3 a 6,3 e 0,8 a 1,7; para a relação (energia aplicada)/(energia obtida), para os produtos madeira, trigo, arroz, milho, batata e açúcar, respectivamente.

Avaliando os rendimentos energéticos dos vinte principais produtos agropecuários brasileiros entre as décadas de 1970 e 1990, COMITRE (1995) alega que, mesmo com o crescimento do uso de insumos, o rendimento energético aumentou. O autor atribui os resultados ao dinamismo, em termos de crescimento da produtividade, ocorrido na agricultura pelo processo de modernização.

Com o objetivo de fornecer subsídios para o estabelecimento de políticas de incentivos à produção ou de restrições ao consumo de energia, CASTANHO FILHO & CHABARIBERY (1983) traçaram o perfil energético da agricultura paulista. Os índices encontrados indicaram que a agricultura se encontrava num estágio semelhante à de países desenvolvidos, como a França, mas mostraram a necessidade de se utilizar tecnologia menos dependente de fontes externas de energia. Um estudo no Estado de Santa Catarina revelou que os gastos energéticos são proporcionais ao grau de interferência mecânica e química nos ecossistemas, sendo que a tração motorizada e os insumos químicos (utilizados para fertilização e defesa da produção), segundo MELLO (1986), representaram os maiores custos energéticos.

O rendimento energético é dependente, outrossim, do nível tecnológico empregado. Analisando o cultivo de produtos diferenciados, CARMO et al. (1998) encontraram balanços

muito diferentes entre as propriedades, sendo os grãos o produto de maior retorno por unidade calórica investida, e as hortaliças e produtos animais, exceto o mel, os menores. CARMO & COMITRE (1991) determinaram os gastos energéticos para as culturas de soja e milho em algumas safras, entre 1965 e 1990. Segundo estes autores, os valores crescentes para o balanço indicaram aumento de produção de Mcal por Mcal investida, principalmente em função dos aumentos de produtividade. As fontes biológicas, de importância notória no início do período, foram sendo substituídas pelas de origem fóssil, sendo o combustível o mais expressivo, seguido de fertilizantes e corretivos. Em estudo conduzido na região de Ribeirão Preto - SP, COMITRE (1993) avaliou o balanço energético nas fases agrícola, industrial e de distribuição da soja, obtendo valores de 5,77; 0,97; e 2,31; respectivamente.

Em três sistemas de produção de soja (semeadura com preparo convencional do solo, com preparo reduzido e direta), MESQUITA et al. (1982) observaram maior eficiência do sistema de semeadura direta no consumo de energia. A média de 717.000 kcal ha<sup>-1</sup> consumidas naquele sistema foi inferior em 39% e 20% às daquelas dos sistemas convencional e reduzido, respectivamente.

Estudando o custo econômico e o custo energético, por meio de balanço de energia, na utilização de três sistemas de preparo do solo: preparo convencional, preparo com enxada rotativa e preparo conservacionista com escarificador, em combinação com quatro condições de cobertura do solo antes do preparo (aveia preta, centeio, nabo forrageiro e pousio mantido limpo durante o outono/inverno), BOLLER & GAMERO (1997) verificaram que o preparo efetuado com enxada rotativa implicou investimento energético menor e que o preparo do solo demandou maior consumo energético no pousio em relação às parcelas onde houve cultivo anterior de aveia preta, centeio e nabo forrageiro. SANTOS & REIS (1994), avaliando sistemas de rotação de culturas de cevada, propuseram um índice que relacionava o rendimento de grãos de cada espécie e a energia cultural despendida pelo uso de insumos e pelas operações realizadas:  $Produtividade\ cultural\ (kgcal^{-1}) = \{[Rendimento\ de\ grãos\ (kgha^{-1})] , [Energia\ cultural\ (calha^{-1})]\}$ . Concluíram que a eficiência energética foi influenciada pelo período agrícola, sendo que a aveia-branca e a cevada mostraram maiores

índices de eficiência energética do que as demais culturas de inverno, e que o milho foi mais eficiente energeticamente. SANTOS et al. (2001) avaliaram a conversão e o balanço energético de sete sistemas de rotação de culturas, durante nove anos, de forma intercalada, na região de Passo Fundo/RS. Verificaram que todas as rotações de culturas foram mais eficientes do que a monocultura.

Em balanços de energia determinados por TSATSARELIS (1993) para o cultivo de trigo na Grécia, concluiu-se que a energia injetada, de acordo com o sistema de produção, oscilava entre 16.000 e 26.000MJ ha<sup>-1</sup>, sendo necessário adicionar de 1.500 a 3.000MJ ha<sup>-1</sup> quando se utilizava a irrigação. A maior parte da energia total inserida foi consumida pelos fertilizantes, incluindo aplicação. As intensidades energéticas calculadas situaram-se entre 2,35 a 2,90MJkg<sup>-1</sup> e entre 2,58 a 3,13MJ kg<sup>-1</sup> com o uso de irrigação. A eficiência energética variou entre 2,3 e 6,0.

Em Botucatu, SP, SIQUEIRA et al. (1999) estimaram o balanço de energia na implantação de plantas de cobertura do solo (aveia preta, nabo forrageiro e tremoço azul), em preparo de solo convencional. Concluíram que, para a implantação e manejo da aveia e do nabo, o maior consumo de energia foi com combustível e fertilizantes; e, no caso do tremoço, foi com sementes e combustível.

Numa análise conduzida por ZUCCHETTO & JANSSON (1979), verificou-se que a agricultura de Gotland (região ao norte da Suécia) tinha custo energético maior que a média dos Estados Unidos, porém representava pelo menos a metade do custo médio da agricultura de Israel. Nos custos de energia direta, incluíam-se 223TJ usados em combustíveis e 51,9TJ em eletricidade.

Em pesquisa delineando a distribuição de energia no sistema agrícola de toda a França, para o ano de 1970, DELEAGE et al. (1979) estimaram um consumo de energia de 569,5MGJ naquele ano, correspondendo a 9,4% do consumo energético nacional, sendo 4,36% para



participação no consumo indireto e 4,64% no consumo direto. Eles depreenderam também que somente 11,2% do total advinha de fontes de energia renováveis.

Apesar da grande tendência demonstrada na literatura, no intuito de chamar a atenção da má utilização e baixa eficiência energética na agricultura, alguns trabalhos têm demonstrado críticas no sentido contrário. Ainda na França, BONNY (1993) estudou a eficiência de utilização de energia na agricultura, entre 1959 e 1989 e notou que foi necessário incremento na quantidade de energia direta para um dado volume de produção; porém, desde 1977 esta quantidade vem diminuindo, o que levou o autor a crer que a agricultura se tornou mais eficiente no uso de energia naqueles últimos anos. Entretanto, ele admite ter utilizado somente dados de energia direta (combustíveis sólidos, eletricidade e gás, diretamente consumidos na agricultura), não levando em conta a energia indireta (empregada na manufatura de diferentes “inputs” utilizados, como fertilizantes, agrotóxicos, maquinário, etc.), restringindo os resultados deste trabalho.

Fluxos de energia e determinação do valor da eficiência energética visando à sustentabilidade da agricultura dinamarquesa foram o foco do estudo de SCHROLL (1994). O autor observou que a eficiência energética foi decrescendo à medida que problemas ambientais relativos à produção agrícola foram aparecendo no período estudado (1936 a 1990). O autor afirmou que, quando a saída de energia na alimentação humana se iguala à quantidade de energia fóssil despendida para produzi-la, não parece ser ecologicamente sustentável, e o autor argumentou que as duas principais maneiras para se aumentar a eficiência energética média do país seriam: 1) Encorajar maior produção de alimentos para os seres humanos em detrimento dos animais; 2) Reduzir a entrada de energia fóssil, especialmente aquela relacionada à aplicação de fertilizantes. É importante destacar que as soluções são sempre locais, dependendo das características, onde se inclui até a extensão do país. Para o caso brasileiro, pode-se estudar medidas menos radicais, como tentativa de racionalizar a alimentação animal, utilizando-se maior quantidade de volumosos de alto valor nutritivo para buscar maior eficiência na utilização de fontes não renováveis de energia, contribuindo para a sustentabilidade dos agroecossistemas.

Um dos campos em que o método de cálculo de balanço de energia se mostra imperativo é na produção de combustíveis. Nesses casos, deve-se investigar se um dado sistema produz mais energia (na forma de combustível) do que consome. HELENE et al. (1981) determinaram o balanço de energia para a produção de etanol a partir da hidrólise ácida da madeira. Perceberam que os gastos de energia na fase agrícola do processo correspondeu a aproximadamente 1% do total, enquanto para a cana de açúcar foi de 15% do total gasto. A relação entre a energia contida no combustível e a energia total gasta para produzi-lo, por meio de madeira de pinus, de eucalipto e de cana-de-açúcar, foram de 0,62; 0,45 e 0,80; respectivamente.

Destaca-se o fato de que os balanços energéticos foram úteis, mas deve-se procurar sempre aprimoramento nos métodos (DOVRING, 1985). Existe, ainda, uma infinidade de fatores que provocam variação nos resultados para um mesmo produto agrícola. No Brasil, existem distintas formas de conduzir uma dada cultura ou criar uma determinada espécie animal. Fatores tais como tipo de solo, topografia (inclinação, altitude, exposição solar) do terreno podem provocar diferenças consideráveis no consumo de energia. Somando-se todas estas fontes de variação, pode-se dizer que até mesmo a tradição local pode introduzir diferenças nos processos produtivos.

Mesmo quando não são completamente precisos, os dados relacionados a consumo e eficiência energética constituem poderosas ferramentas de diagnóstico de sistemas produtivos agrícolas. Pela existência de numerosos trabalhos neste sentido em todas as partes do mundo, justificam-se mais estudos. GIAMPIETRO et al. (1992) consideram as análises energéticas e indicadores relacionados de energia como um método promissor para avaliar e investigar os problemas relacionados à sustentabilidade e à eficiência de sistemas agrícolas. Porém, no Brasil os pesquisadores têm demonstrado pouco interesse no desenvolvimento de trabalhos de balanço de energia como meio de avaliar processos produtivos. O estudo seriado e persistente pode fornecer subsídios para que pesquisadores desenvolvam estudos sobre balanço energético específico para as várias áreas da agropecuária. A determinação de informações

específicas para as condições brasileiras serão primordiais para a continuidade da pesquisa no setor.

A utilização de balanços de energia pode constituir-se importante instrumento para definição de novas técnicas e manejos agropecuários, que podem vir a proporcionar importante economia de energia e, conseqüentemente, aumento de eficiência e redução de custo de produção, em sistemas de produção mais tecnificados, que possuem utilização intensiva de energia em suas várias formas. BOYELDIEU (1975) ressaltou que os responsáveis pela orientação agrícola, tais como extensionistas, podem contribuir muito, auxiliando na transmissão de resultados e orientações a partir dos estudos desenvolvidos.

Notamos, outrossim, que ainda não existe uma metodologia padronizada para a estimativa de balanços de energia, para as diversas regiões do globo.

Considerando as condições brasileiras de um país com dimensões continentais, caracterizado por grandes diferenças edafo-climáticas e sociais, estabelecer um paradigma considerado definitivo para o desenvolvimento de balanços de energia seria um grande desafio, senão uma utopia, à medida que nota-se uma carência acentuada de trabalhos na área, que venham a contribuir com o levantamento de dados e coeficientes energéticos mais específicos, visando à composição de matrizes energéticas para estas condições. Sendo uma ciência em desenvolvimento, caracterizada inclusive por possibilitar escolha de classificações e métodos de forma subjetiva, é necessário que haja maior exploração por parte dos pesquisadores brasileiros preocupados com a questão da sustentabilidade dos agroecossistemas. É necessário visar, em uma primeira instância, o levantamento e a publicação de coeficientes energéticos relacionados aos produtos, equipamentos, insumos e instalações característicos brasileiros, de forma semelhante aos trabalhos coordenados por PIMENTEL (1980), que venham a fornecer subsídios para o desenvolvimento de balanços energéticos com melhor nível de precisão.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização das condições do experimento

O experimento sobre a cultura de cana-de-açúcar, foi realizado na Fazenda Araguaney da Usina Central de Álcool Lucélia., localizada no município de Lucélia, estado de São Paulo, situada a latitude 21° 29' 47" S e longitude 50° 55' 44" O , a uma altitude de 394 m. A cultura utilizada ocupava uma área de 188,28 ha em 2003 e 187,15 ha em 2004.



Figura 1

Fonte: APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

O solo da área experimental é caracterizado como LVA, apresentando uma declividade de aproximadamente 5 % . A variedade cultivada foi a RB 867515, plantada em março de 2.003, com espaçamento de 1,5 m.

Os dados foram coletados durante duas safras, em 2.003/2004 e 2.004/2005, sendo selecionado para efeito de análise apenas um talhão, pois o mesmo apresentava todos os dados necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

### 3.2. Métodos

A metodologia utilizada para o experimento considerou as variáveis selecionadas para a produção de cana-de-açúcar, e levando-se em conta os resultados e observações realizadas por diversos autores sobre avaliação energética e suas implicações. Foram selecionados dados quantitativos do poder calórico, o valor econômico e os quantitativos para produção da cultura e materiais provenientes das colheitas feitas de forma manual e mecanizada da cana-de-açúcar, coletados na Usina Central de Álcool Lucélia.. Utilizando-se conversões energéticas, foram obtidas equações que, escritas algebricamente ou em forma matricial, permitiram o cálculo do consumo energético e econômico, levando-se em conta também a intenção do reaproveitamento dos materiais da colheita.

As variáveis selecionadas, assim como seus parâmetros para a produção da cultura de cana-de-açúcar foram: a mão-de-obra, quantificada em função das horas trabalhadas; as máquinas, cuja quantificação foi realizada levando-se em conta a quantidade, peso e horas trabalhadas; os combustíveis consumidos, mensurados pela quantidade de litros por hora e os defensivos, os fertilizantes e as mudas, mensuradas em função da quantidade, em kilogramas-força por hectare.

Os dados selecionados dos materiais para colheita manual e mecanizada da cultura de cana-de-açúcar, foram os seguintes : rendimento, em função da quantidade colhida em

tonelada por hora; material remanescente consistindo no ponteiro, palhas, folhas verdes e frações de colmos; perdas de campo retratadas pela s canas inteiras; impurezas representadas pelo palhiço; material industrializável representado pela produção de colmos e o bagaço, material obtido através da moagem da cana-de-açúcar.

### 3.2.1. Segmentação dos dados de produção e colheita

Os dados coletados foram segmentados em preparo da terra, plantio, colheita e transporte até a usina, referentes à primeira e segunda safras, que se constituem nas etapas de produção da cultura de cana-de-açúcar, sendo capazes de retratar tanto os consumos energéticos, quanto a geração de energia em função da produção do produto industrializável e demais materiais gerados pelas colheitas manual e mecanizada.

### 3.2.2. Perdas dos materiais oriundos dos dois tipos de colheita.

Foram usados dados percentuais em relação à matéria-prima proveniente da colheita manual (cana queimada) e mecanizada (cana crua) de cana-de-açúcar.

Os materiais utilizados neste experimento foram definidos a partir da proposta de reaproveitamento dos mesmos, sendo os demais desconsiderados em função de se constituírem na principal matéria prima a ser industrializada ou já serem reaproveitadas de forma eficiente e/ou produtiva.

Informações coletadas, junto a Usina Central de Álcool de Lucélia, demonstram que as perdas de cana (inteira ou em pedaços) diferem , em função do tipo de colheita utilizado. No caso da colheita manual o índice de perdas oscila entre 0,5% e 3,7%. Já no caso da colheita mecanizada este índice é estimado, pela usina, entre 1,0% e 5,0%. Para efeito dos cálculos, adotamos o valor médio dessas porcentagens.

RIPOLI (1991) cita que o material remanescente, na colheita mecanizada (cana crua) corresponde ao intervalo de 25 a 30% do total da biomassa. A quantidade de material remanescente, na colheita manual representa 33% do rendimento e não é aproveitado. Adotamos, para efeito de cálculo, o valor de 33% para a colheita manual e 30% para a mecânica.

Considerando-se que a soma entre o material remanescente, as perdas da cana e o material industrializável representa o total produzido no sistema, isto é, 100%, para a quantidade de colmos produzidos utilizamos o valor de 67,0% e 64,9% do total plantado, para a colheita mecânica e manual respectivamente.

Segundo as informações obtidas, junto à Usina Central de Álcool de Lucélia., as impurezas vegetais encontradas juntamente com o material industrializável representam, em média, 4,0% para a colheita manual. Já para a colheita mecânica adotamos percentual de 4,5% (UFSCar, 1993).

No que se refere ao bagaço, os dados coletados junto à Usina Central de Álcool de Lucélia indicaram que equivale a 30,0% do total do material industrializável. Adotamos tal percentual, partindo-se do pressuposto que representa o valor médio da variedade cultivada.

### 3.2.3. Métodos para conversão em energia (Kcal)

Para efeito de conversão de energia das variáveis selecionadas para a produção da cultura de cana-de-açúcar, foram utilizados os métodos algébrico e matricial.

#### 3.2.3.1. Método algébrico na produção de cana-de-açúcar

##### a) Mão-de-obra

No que se refere à energia consumida no trabalho manual, existem diversos pareceres diferentes de pesquisadores da área. HEICHEL ( 1973) adotou 525 Kcal/h.

DOERING (1977) assumiu como parâmetro o um valor energético próximo ao das máquinas e implementos agrícolas. PIMENTEL (1978) adotou 485 Kcal/h e BRIDGES & SMITH (1979) 544 Kcal/k. GOLDEMBERG (1984) considera que o consumo diário de energia, por uma família com renda mensal de no máximo dois salários mínimos, corresponde a  $18 \times 10^3$  kcal/dia.

Segundo o Institute for Energy Analyses of Oak Ridge, a energia consumida no trabalho manual não deve ser considerada para fins de avaliação do índice energético de um determinado produto, pois o homem quer esteja trabalhando ou não, consome praticamente a mesma quantidade de energia na forma de alimento, moradia, vestuário e outros, divulgado por SERRA (1979), em sua pesquisa.

ANGELELI, et al. (1981) determinaram como consumo de alimentação 2200 cal/dia, que correspondem a 313 kcal/h de trabalho.

Adotou-se o valor energético de 313 kcal/h, para o cálculo do consumo total de energia para a mão-de-obra

$T_{Emo} = \Sigma (H_i \times E_{mo}) / h_{ai}$  , onde:

$H_i$  = número total de horas trabalhadas

$E_{mo}$  = consumo de energia em kcal/hora

$i$  = tipo de trabalho

$T_{Emo}$  = consumo total de energia para mão-de-obra

$h_{ai}$  = área trabalhada em hectare

b) Tratores, caminhões e implementos

Segundo DOERING (1977), o valor energético dos tratores, caminhões e implementos, deve ser calculado levando-se em conta o seu peso multiplicado pelo valor energético do



material utilizado em sua fabricação, somado a 20,5 Mcal/kgf para os pneus, além de mais 5% do total de energia para as atividades referentes a reparos e manutenção.

SERRA, et al. (1979) admitem o valor preconizado por PIMENTEL (1978), que assume o valor da energia gasta na fabricação de um automóvel médio americano equivalente a 1.560 Kgf.

PIMENTEL (1980) utilizou-se da seguinte fórmula, admitindo para o transporte do produto o valor de 257 Kcal/kgf.

$$TE_{ma} = \Sigma \{[(E_{fi} + E_{mai} + E_r) \times P] \times (0,333 \times t_{ari} + 0,82)\} / ha, \text{ onde :}$$

$TE_{ma}$  = consumo total de energia para as máquinas

$E_{fi}$  = valor do consumo energético utilizado para fabricação

$E_{mai}$  = valor energético do matéria utilizado

$E_r$  = energia gasta para manutenção e reparos

$P$  = peso total

0,82 = 82% vida útil das máquinas

$i$  = tipo de máquina

$ha$  = área em hectare

Adotou-se, para efeito de cálculos os pesos dos tratores dados por SERRA, et al. (1979), aqueles medidos pela Usina Central de Álcool de Lucélia Ltda., e o energético por PIMENTEL (1980), partindo do pressuposto que melhor representam a realidade pesquisada.

### c) Combustível

BRIDGES e SMITH (1979, citando Lower, et al. (1977), admite um valor de 42.694 Kcal/galão e incluem-se alternativas para motor, graxa, manufatura e transporte até o campo.

PIMENTEL (1980) admite para a gasolina o valor de 10.109 Kcal/l e para o diesel e óleo combustível o valor de 11.414 Kcal/l. Segundo o BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (2003) o poder calórico dos combustíveis utilizados para gasolina é 8.148 Kcal/l e para o óleo diesel 9.025 Kcal/l.

A Central de Álcool forneceu o consumo em litros do combustível usado, não sendo necessário o cálculo do consumo de combustível, mas apenas o consumo energético, calculado segundo PIMENTEL (1980), o qual admite o valor de sua produção. Logo:

$$TEc = \Sigma ( C_i \times E_{ci} ) / ha, \text{ onde :}$$

TEc = total de energia embutida no combustível

C = combustível consumido em litros

i = tipo de combustível

E<sub>c</sub> = consumo de energia do combustível utilizado (Kcal/l)

ha = área em hectare

#### d) Defensivos

PIMENTEL (1978) e GRIFFITH, citados por SERRA, et al. (1979), admitem para a produção de defensivos um gasto de energia de 73.260 Kcal/Kgf. PIMENTEL (1980) utiliza os valores de 64.910 para fungicidas, 86.910 para inseticidas e 99.910 Kcal/Kgf para herbicidas, valores adotados para o cálculo do total de energia para os defensivos.

$$TEd = \Sigma ( D_i \times E_{di} ) / ha, \text{ onde :}$$

TEd = total de energia para os defensivos

D = quantidade total do produto utilizado em Kg

E<sub>d</sub> = energia embutida nos defensivos

i = tipo de defensivo

ha = área em hectare

### e) Fertilizantes

SERRA e GOLDEMBERG (1979) adotaram os indicadores energéticos derivados da economia americana, sendo 13.875 Kcal/Kgf para o nitrogênio (N), 1.665 Kcal/Kgf para o fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 1.110 Kcal/Kgf para o potássio (K<sub>2</sub>O) e 40 Kcal/Kgf para o calcário.

PIMENTEL (1980) admite um valor de 315 Kcal/Kgf, na adubação com calcário.

A equação para obtenção da energia total dos fertilizantes é a seguinte:

$$TE_f = \sum (F_i \times E_{fi}) / \text{há}, \text{ onde :}$$

TE<sub>f</sub> = total da energia para os fertilizantes

F = quantidade total de fertilizantes em Kgf

E<sub>f</sub> = energia embutida nos fertilizantes

i = tipo de fertilizante

ha = área em hectare

### f) Mudanças

Para a muda, PIMENTEL (1980) admite um consumo de 3.730 Kcal/Kgf, mas, sendo ela apenas um rebolo de cana, adotou-se o valor de 1.070 Kcal/kgf (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2003).

$$TE_{mu} = \mu \times E_{mu} / \text{ha}, \text{ onde :}$$

TE<sub>mu</sub> = total de energia para as mudas

μ = quantidade de mudas em Kgf

E<sub>mu</sub> = energia embutida nas mudas

ha = área em hectare

### 3.2.3.2. Método algébrico para materiais oriundos das colheitas manual e mecanizada.

No que se refere à etapa da colheita, ambos os tipos, manual e mecanizada apresentam diferenciação básica em função dos valores energéticos de entrada. Enquanto que para a colheita manual tem-se o valor energético atribuído a uma hora de trabalho (mão-de-obra), na colheita mecanizada o parâmetro adotado foi o peso da colhedora utilizada nesse talhão, cujo cálculo foi realizado pelo método de PIMENTEL (1980), já evidenciado no item 3.2.3.1 subitem b do presente trabalho.

A Tabela 1 apresenta o poder calorífico dos materiais obtidos na colheita de cana-de-açúcar, assim como as fórmulas para o cálculo do total de suas correspondentes energias, cujos resultados são expressos através do PCI de cada material, multiplicado pela quantidade obtida na colheita.

Tabela 1. Materiais obtidos na colheita de cana-de-açúcar, poder calórico e fórmulas para o cálculo do total de sua energia

| Materiais e Resíduos           | PCI (Kcal/Kgf) | Referências                            | Fórmulas                     |
|--------------------------------|----------------|--|------------------------------|
| Material remanescente (mr)     | 3.800          | RIPOLI (1991)                          | $TE_{mr} = E_{mr} \times mr$ |
| Cana-de-açúcar (perdas) p      | 1.070          | BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (2003)     | $TE_p = E_p \times p$        |
| Material industrializável (mi) | 4.054,5        | RIPOLI (1991)                          | $TE_{mi} = E_{mi} \times mi$ |
| Impurezas (i)                  | 3.400          | MOLINA, RIIPOLI e COELHO, et al., 1995 | $TE_i = E_i \times i$        |
| Bagaço (ba)                    | 1.800          | RIPOLI (1991)                          | $TE_{ba} = E_{ba} \times ba$ |

### 3.2.3.3. Método matricial para matrizes consumo

Para o cálculo do consumo energético para produção e colheita dos materiais da cultura de cana-de-açúcar, nos utilizamos de matrizes, visto que apresentam maiores informações e facilidades, caso sejam utilizados recursos computacionais a fim de viabilizá-lo, apresenta o consumo segmentado por operação (preparo da terra, plantio, colheita e transporte) e facilitam a substituição do conjunto de dados para um novo cálculo ou apenas correção do atual.

A matriz consumo apresenta todos os insumos utilizados na cultura de cana-de-açúcar, devidamente identificados e mensurados.

#### 3.2.3.3.1. Inputs da matriz consumo

Os dados referentes às variáveis integrantes da matriz consumo são os seguintes:

Nas colunas: mão-de-obra (mo) em horas (h); máquinas (ma) em Kcal ou R\$, combustíveis (co) em litros (l) – representados por óleo diesel (di) e gasolina (ga) ; defensivos (de) em quilograma-força (Kgf) – representados por inseticidas (in) e herbicidas (he) ; fertilizantes (fé) em quilograma-força (Kgf) – representados por nitrogênio (N), fósforo (P2O5), potássio (K2O) e calcário (cal) e mudas (mu) em quilograma-força (Kgf).

Nas linhas: Apresenta-se as diversas etapas que antecedem e poscedem o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, incluindo-se o traslado do produto do respectivo talhão na Fazenda Araguaey até a Central de Álcool, quer seja, o preparo da terra (pre), o plantio (pla), a colheita (col) e o transporte (tra).

#### 3.2.3.4.. Método matricial para matrizes produção

A matriz produção apresenta todos os quantitativos físicos dos materiais advindos das colheitas da cultura de cana-de-açúcar, colheitas manual e mecanizada, nas safras 2003/2004 e 2004/2005.

##### 3.2.3.4.1. Inputs da matriz produção

Os dados referentes às variáveis integrantes da matriz produção são os seguintes:

Na coluna: os materiais oriundos das colheitas manual e mecanizada, material remanescente (mr), perdas de cana (p), material industrializável (mi), impurezas (i) e bagaço (ba), em toneladas.

Na linha: poder calorífico interno dos materiais oriundos das colheitas manual e mecanizada.

#### 3.2.4. Detalhamento dos Custos de Produção

Os custos no processo de produção de cana-de-açúcar, são compostos por: custo da terra, custo de preparo de solo, custo de análise de solo, custo de plantio, custo de manutenção da cana-de-açúcar planta, custo de corte carregamento e transporte, custo de tratamentos culturais da cana-de-açúcar soca, custo de administração.

As máquinas e veículos envolvidos no processo de produção são alugados, a um custo fixo por hora trabalhada no caso de máquinas e veículos por dia trabalhado. Esses custos envolvem: salário, combustível, operador, manutenção e encargos.

Para o serviço de mão-de-obra, é feita a contratação de empreiteiros e também é pago um custo fixo por dia trabalhado para o serviço de retampa, manutenção de cana-de-açúcar planta, e o plantio é pago um custo fixo por hectare plantado.

#### 3.2.4.1. Custo da terra

Em 2003, o custo da terra para plantio de cana-de-açúcar na região de Lucélia foi remunerado na proporção de 13 toneladas por hectare de cana-de-açúcar por ano.

#### 3.2.4.2. Custo de preparo do solo

O preparo do solo é composto por várias etapas: gradagens, subsolagem, levantamento de curvas de nível, encabeçamento de curvas, aplicação de corretivos, análise do solo.

##### 3.2.4.2.1. Gradagem

A gradagem é o processo que utiliza um conjunto formado por um trator pesado, de pneus ou de esteiras, sendo mais comum o de pneus, que traciona uma grade aradora. Esta grade é composta por dois conjuntos de discos cortantes, os quais fazem o corte do solo e o movimenta para os lados (direito e esquerdo, respectivamente) promovendo o destorroamento do solo, o que facilita o trabalho na eliminação das plantas existentes na área, inclusive as soqueiras velhas da cana-de-açúcar. São feitas em média quatro gradagens pesadas por hectare utilizando tratores, com grades aradoras, para que as plantas presentes sejam eliminadas. Em condições de menor precipitação (chuvas) ou quando a quantidade de plantas a se eliminar é menor, pode-se reduzir o número de gradagens.

##### 3.2.4.2.2. Subsolagem

Esta operação é realizada quando as áreas que estão sendo preparadas apresentam uma camada de impedimento físico, ou seja, existe uma camada endurecida no subsolo que pode prejudicar o desenvolvimento das raízes da cultura a ser implantada no local. A subsolagem também é feita pelo mesmo trator pesado, equipado com um implemento conhecido como subsolador, composto por hastes de aço com 70 a 90 cm de comprimento, geralmente cinco

hastes, no espaçamento de 50 cm entre elas. Estas hastes são introduzidas no solo a uma profundidade média de 50 cm, onde se encontra a camada endurecida do subsolo, fazendo seu rompimento e conseqüentemente, melhorando as condições para o desenvolvimento das raízes das plantas, é realizada somente uma vez durante o preparo do solo, e geralmente antes da última gradagem.

#### 3.2.4.2.3. Curvas de nível

As curvas de nível são marcadas por um topógrafo, sendo que cada curva deve manter a mesma cota (altitude) em toda a sua extensão, sendo que a distância entre curvas, e conseqüentemente a quantidade de curvas por hectare plantado, varia em função da declividade e da cultura a ser implantada. Sua função é o controle da erosão do solo em épocas chuvosas. Na cultura da cana-de-açúcar, a distância média entre elas é de 120 m. Este serviço é feito pelo mesmo trator equipado com terraceador.

#### 3.2.4.2.4. Encabeçamento

O encabeçamento das curvas consiste no arremate das pontas das curvas de nível e nos cruzamentos das mesmas com os carregadores e estradas da lavoura, visando retirar a água de chuva dos mesmos e distribuí-la nas curvas, evitando desta forma a formação de erosão nas estradas e carregadores, cujo trabalho é realizado por uma motoniveladora. Nesta operação são preparados em média 4 hectares por hora.

#### 3.2.4.2.5. Custo de análise do solo e aplicação de corretivos

É uma operação que deve ser realizada em todas as áreas onde é feito o cultivo das lavouras. Este procedimento consiste na coleta de amostras de terra no campo, de acordo com o tipo de solo e histórico da área, envio das amostras a um laboratório de análises químicas de solo, onde são determinados os teores dos nutrientes essenciais às plantas, e a partir destes



resultados, identifica-se a dose de corretivo e fertilizante deve ser aplicado ao solo, por hectare. A aplicação desse corretivo é feita por um trator equipado com esparramador de calcário.

#### 3.2.4.3. Custo de plantio

##### 3.2.4.3.1. Sulcação

A sulcação consiste na abertura dos sulcos onde é colocada a muda de cana-de-açúcar, o serviço de sulcação é realizado por tratores pesados equipados com sulcador, e ao mesmo tempo aplica o adubo, na dose recomendada por um agrônomo com base na análise de solo realizada, dentro do sulco.

##### 3.2.4.3.2. Muda de cana-de-açúcar

Para o plantio da cana-de-açúcar, são utilizadas mudas produzidas em viveiros, o que garante a qualidade da muda, sendo que a reprodução é feita por meio de colmos do próprio viveiro.

##### 3.2.4.3.3. Transporte de muda

A muda de cana-de-açúcar é transportada por caminhão até o local do plantio, e no local é distribuída manualmente dentro dos sulcos.

##### 3.2.4.3.4. Mão-de-Obra

A distribuição das mudas de cana-de-açúcar nos sulcos são manuais. Equipes plantam em média 6 hectares por dia.

#### 3.2.4.3.5. Cobrimento, aplicação de inseticida e retampa

Após a distribuição das mudas é realizado o cobrimento das mudas e a aplicação de inseticida por tratores equipados com cobridor de cana-de-açúcar. A retampa é um serviço manual, utilizado para corrigir as falhas na cobertura da cana-de-açúcar deixadas pelo equipamento.

#### 3.2.4.3.6. Aplicação de herbicidas

Terminado o plantio propriamente dito, devem ser aplicados herbicidas para o controle de ervas daninhas que podem surgir e prejudicar o desenvolvimento da cultura e conseqüentemente baixa produtividade. É realizado por tratores equipados com pulverizador de barras e caminhão para o transporte de água para o preparo da calda. Estes herbicidas são determinados por um técnico especializado, e são produtos registrados no Ministério da Agricultura para cana-de-açúcar.

#### 3.2.4.3.7. Manutenção da cana-de-açúcar planta

A manutenção da cana-de-açúcar é feita após 2 (dois) meses do plantio e aplicação dos herbicidas, com a finalidade de erradicar as ervas daninhas que sobraram ou apareceram na lavoura e são gastos 2 (duas) diárias por hectare no caso de mão-de-obra braçal.

#### 3.2.4.4. Custo de corte carregamento e transporte

##### 3.2.4.4.1. Despalhamento

Para que ocorra o corte manual da cana-de-açúcar é preciso atear fogo para o despalhamento, e antes de atear fogo é necessário a manutenção e a limpeza dos carregadores e no tombamento das canas nas bordas dos carregadores para facilitar a queima.

#### 3.2.4.4.2. Corte

O corte da cana-de-açúcar, pode ser realizado de forma manual ou mecanizada, sendo que no caso do corte manual, cada pessoa corta em média 8 toneladas de cana queimada por dia.

#### 3.2.4.4.3. Carregamento

A cana é carregada por meio de carregadeiras hidráulicas acopladas em tratores de médio porte.

#### 3.2.4.4.4. Reboque

São utilizados tratores para o reboque, ou seja, como o transporte feito por caminhões do tipo “Romeu e Julieta”, treminhões ou rodotrens, no momento do carregamento, estas composições de caminhão são separadas e são tracionadas pelos tratores. Completadas as cargas, são novamente feitas as composições que levarão a matéria prima até a usina processadora.

#### 3.2.4.4.5. Transporte

O transporte, como já foi comentado anteriormente é feito por composições de caminhões do tipo “Romeu e Julieta”, treminhões e rodotrens. O custo de transporte varia conforme a distância média entre o local onde se encontra a matéria prima a ser transportada e o local de entrega.

#### 3.2.4.5. Custo de tratos culturais da soqueira da cana-de-açúcar

Como a cana-de-açúcar é uma cultura que permite mais de uma colheita sem que seja feito novo plantio, ou seja, são feitas em média cinco cortes em cada ciclo, se faz necessária a realização de tratos culturais da soqueira da cana-de-açúcar. Esta fase é composta pela aplicação de fertilizantes e herbicidas após a colheita.

##### 3.2.4.5.1. Aplicação de fertilizantes

A dose do fertilizante a ser aplicado em cobertura depende da análise de solo, mas em média são aplicados 496 Kg de adubo (fertilizante) por hectare. Para que ocorra a aplicação desse fertilizante é necessário 1 (um) trator equipado com um cultivador que faz a subsolagem, a distribuição do fertilizante e o cultivo das ruas de cana-de-açúcar, 1 (um) caminhão para o transporte do fertilizante até o local da aplicação.

##### 3.2.4.5.2. Aplicação de herbicidas

Os produtos devem ser recomendados por um agrônomo, e aplicados após a adubação e cultivo da soqueira, sendo feito do mesmo modo utilizado na cana-de-açúcar planta.

#### 3.2.5. Administração

A Administração é responsável pelo desenvolvimento e controle da empresa.

## 4. RESULTADOS

Apresentamos nas tabelas de números 2 a 14, os valores obtidos através das equações algébricas, quanto à conversão energética, custos de produção, receitas de comercialização e resultados econômicos brutos, nas safras 2003/2004 e 2004/2005, para a cultura de cana-de-açúcar.

### 4.1. Conversão energética

As tabelas de números 2 a 4 mostram os cálculos referentes à conversão energética das variáveis utilizadas para produção da cultura de cana-de-açúcar e, as tabelas de números 5 a 7 dos materiais gerados pela mesma, fruto das colheitas manual e mecanizada, nas duas safras retratadas, 2003/2004 e 2004/2005.

Apresentamos inicialmente uma seqüência de tabelas (Tabelas 2 a 4), que trazem informações relevantes dos cálculos, quanto à conversão energética para produção da cultura de cana-de-açúcar, envolvendo os dois tipos de colheita, manual e mecanizada, e as duas safras analisadas, 2003/2004 e 2004/2005.

Tabela 2. Conversão energética para produção da cultura de cana-de-açúcar, colheitas manual e mecanizada, safra 2003/2004.

| Variáveis     | Total de energia para colheita manual (Kcal/ha) | Total de energia para colheita mecanizada (kcal/ha) |
|---------------|---|---|
| Temo          | 44.690,47                                       | 6.540,61  |
| Tema          | 48.664,73                                       | 66.801,93   |
| Tec           | 2.967.337,85                                    | 4.197.777,60  |
| Ted           | 1.266.026,68                                    | 1.266.026,68  |
| Tef           | 1.386.079,12                                    | 1.386.079,12  |
| Temu          | 13.910.000,00                                   | 13.910.000,00                                       |
| Consumo total | 19.622.798,85                                   | 20.833.225,94                                       |

Fonte : Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia - 2º semestre 2.004

A Tabela 2 apresenta valores dos totais de energia consumidas, por variável selecionada, para a produção da cultura de cana-de-açúcar da safra 2003/2004, colheitas manual e mecanizada, oriundos da multiplicação dos quantitativos físicos das variáveis, por seus respectivos valores energéticos.

Tabela 3. Conversão energética para produção da cultura de cana-de-açúcar, colheitas manual e mecanizada, safra 2004/2005.

| Variáveis     | Total de energia para colheita manual (Kcal/ha) | Total de energia para colheita mecanizada (Kcal/ha) |
|---------------|---|---|
| Temo          | 41.046,78                                       | 4.416,80  |
| Tema          | 19.873,76                                       | 37.288,21   |
| Tec           | 932.061,24                                      | 2.113.474,27  |
| Ted           | 334.555,11                                      | 334.555,11  |
| Tef           | 2.013.762,70                                    | 2.013.762,70  |
| Temu          | -   | -   |
| Consumo total | 3.341.299,59                                    | 4.503.497,09  |

Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia - 2º semestre 2.005

A Tabela 3 apresenta valores dos totais de energia consumidas, por variável selecionada, para a produção da cultura de cana-de-açúcar da safra 2004/2005, colheitas manual e mecanizada, oriundos da multiplicação dos quantitativos físicos das variáveis, por seus respectivos valores energéticos.

Tabela 4. Conversão energética para produção de cana-de-açúcar, colheita manual e mecanizada, safras 2003/2004 e 2004/2005.

| Variáveis     | Total de energia para colheita manual (Kcal/ha) | Total de energia para colheita mecanizada (Kcal/ha) |
|---------------|---|---|
| Temo          | 85.737,25                                       | 10.957,41   |
| Tema          | 68.538,49                                       | 104.090,14  |
| Tec           | 3.899.399,09                                    | 6.311.251,87  |
| Ted           | 1.600.581,79                                    | 1.600.581,79  |
| Tef           | 3.399.841,82                                    | 3.399.841,82  |
| Temu          | 13.910.000,00                                   | 13.910.000,00                                       |
| Consumo total | 22.964.098,44                                   | 25.336.723,03                                       |

Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia - 2ºs semestres 2004/2005

A Tabela 4 apresenta valores dos totais de energia consumidas, por variável selecionada, para a produção da cultura de cana-de-açúcar da safra 2003/2004 e 2004/2005, colheitas manual e mecanizada, oriundos da multiplicação dos quantitativos físicos das variáveis, por seus respectivos valores energéticos.

Elencamos a seguir uma seqüência de tabelas (Tabelas 5 a 7), que trazem informações relevantes dos cálculos, quanto à conversão energética dos materiais resultantes da colheita de cana-de-açúcar, envolvendo os dois tipos de colheita, manual e mecanizada, e as duas safras analisadas, 2003/2004 e 2004/2005.

Tabela 5. Conversão energética dos materiais da colheita de cana-de-açúcar, safra 2003/2004

| Variáveis            | Total em kcal/ha para a colheita |                        |
|----------------------|----------------------------------|------------------------|
|                      | Manual (cana queimada)           | Mecanizada (cana crua) |
| Temr                 | 158.112,63                       | 143.744,45             |
| TEp                  | 3.238,74                         | 8.095,08               |
| Temí                 | 483.611,13                       | 457.543,96             |
| TEi                  | 12.861,34                        | 19.289,22              |
| Teba                 | 60.115,56                        | 56.875,60              |
| Total reaproveitável | 63.354,30                        | 228.004,35             |
| Produção total       | 717.939,40                       | 685.548,31             |

Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia - 2º semestre 2.004

A Tabela 5 apresenta valores dos totais de energia produzidos, por cada tipo de material oriundo da colheita de cana-de-açúcar, safra 2003/2004, calculados através da multiplicação dos quantitativos físicos dos materiais por seus respectivos poderes caloríficos internos.



Tabela 6. Conversão energética dos materiais da colheita de cana-de-açúcar, safra 2004/2005

| Variáveis            | Total em kcal/ha para a colheita |                        |
|----------------------|----------------------------------|------------------------|
|                      | Manual (cana queimada)           | Mecanizada (cana crua) |
| Temr                 | 151.815,39                       | 138.011,44             |
| Tep                  | 3.108,73                         | 7.771,82               |
| Temi                 | 464.345,36                       | 439.319,00             |
| Tei                  | 12.350,92                        | 18.520,06              |
| Teba                 | 57.723,07                        | 54.610,67              |
| Total reaproveitável | 60.831,80                        | 218.913,99             |
| Produção total       | 689.343,47                       | 658.232,99             |

Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia - 2º semestre 2.005

A Tabela 6 apresenta valores dos totais de energia produzidos, por cada tipo de material oriundo da colheita de cana-de-açúcar, safra 2004/2005, calculados através da multiplicação dos quantitativos físicos dos materiais por seus respectivos poderes caloríficos internos.

Tabela 7. Conversão energética dos materiais da colheita de cana-de-açúcar, safras 2003/2004 e 2004/2005.

| Variáveis            | Total em kcal/ha para a colheita |                        |
|----------------------|----------------------------------|------------------------|
|                      | Manual (cana queimada)           | Mecanizada (cana crua) |
| Temr                 | 309.928,02                       | 281.755,89             |
| Tep                  | 6.347,47                         | 15.866,90              |
| Temi                 | 947.956,49                       | 896.862,96             |
| Tei                  | 25.212,26                        | 37.809,28              |
| Teba                 | 117.838,63                       | 111.486,27             |
| Total reaproveitável | 124.186,10                       | 446.918,34             |
| Produção total       | 1.407.282,87                     | 1.343.781,30           |

Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia - 2ºs semestres 2.004/2.005 .

A Tabela 7 apresenta valores dos totais de energia produzidos, por cada tipo de material oriundo da colheita de cana-de-açúcar, safra 2003/2004 e 2004/2005, calculados através da multiplicação dos quantitativos físicos dos materiais por seus respectivos poderes caloríficos internos.

#### 4.2. Cálculo algébrico dos Custos de Produção

Nas tabelas 8 a 10 estão representados os custos, em reais, de cada variável para produção de cana-de-açúcar.

Tabela 8. Total dos custos para a produção de cana-de-açúcar, safra 2003/2004

| Variáveis                 | Custos (R\$) |            |
|---------------------------|--------------|------------|
|                           | Manual       | Mecanizada |
| Mão-de-obra               | 4.211,35     | 924,80     |
| Combustíveis              | 2.957,50     | 5.105,37   |
| Defensivos                | 4.844,61     | 4.844,61   |
| Mudas                     | 3.996,06     | 3.996,06   |
| Fertilizantes             | 6.110,40     | 6.110,40   |
| Máquinas                  | 6.822,06     | 10.104,71  |
| Custo total para produção | 28.941,98    | 31.085,95  |

Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia - 1º semestre 2.005

A Tabela 8 apresenta os totais referentes aos custos de produção, envolvendo todos os insumos utilizados no processo de produção da cultura de cana-de-açúcar, incorridos nas etapas de pré-plantio, plantio, colheita e transporte até a usina, safra 2003/2004, colheitas manual e mecanizada.

Tabela 9. Total dos custos para a produção de cana-de-açúcar, safra 2004/2005

| Variáveis                 | Custos (R\$) |            |
|---------------------------|--------------|------------|
|                           | Manual       | Mecanizada |
| Mão-de-obra               | 2.552,86     | 530,37     |
| Combustíveis              | 555,15       | 1.465,04   |
| Defensivos                | 2.304,45     | 2.304,45   |
| Mudas                     | -            | -          |
| Fertilizantes             | 2.077,84     | 2.077,84   |
| Máquinas                  | 3.205,54     | 5.694,05   |
| Custo total para produção | 10.695,84    | 12.071,75  |

Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia - 1º semestre 2.006

A Tabela 9 apresenta os totais referentes aos custos de produção, envolvendo todos os insumos utilizados no processo de produção da cultura de cana-de-açúcar, incorridos nas etapas de plantio (rebrotas), colheita e transporte até a usina, safra 2004/2005, colheitas manual e mecanizada.

Tabela 10 - Total dos custos para a produção de cana-de-açúcar, safras 2003/2004 e 2004/2005

| Variáveis                 | Custos (R\$) |            |
|---------------------------|--------------|------------|
|                           | Manual       | Mecanizada |
| Mão-de-obra               | 6.764,21     | 1.455,17   |
| Combustíveis              | 3.512,65     | 6.570,41   |
| Defensivos                | 7.149,06     | 7.149,06   |
| Mudas                     | 3.996,06     | 3.996,06   |
| Fertilizantes             | 8.188,24     | 8.188,24   |
| Máquinas                  | 10.027,60    | 15.798,76  |
| Custo total para produção | 39.637,82    | 43.157,70  |

Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia - 1º semestre 2.006

A Tabela 10 apresenta os totais referentes aos custos de produção, envolvendo todos os insumos utilizados no processo de produção da cultura de cana-de-açúcar, incorridos nas etapas de pré-plantio, plantio, colheita e transporte até a usina, safras 2003/2004 e 2004/2005, colheitas manual e mecanizada.

#### 4.3. Cálculo algébrico das Receitas de Comercialização

Nas tabelas de 11 a 13 estão representadas as receitas em reais (R\$) auferidas, pela Usina Central de Álcool de Lucélia, frente à comercialização dos materiais produzidos, em função dos dois tipos de colheita utilizados, manual e mecanizada, nas safras 2003/2004 e 2004/2005.

Tabela 11. Receitas na comercialização dos materiais produzidos nos dois tipos de colheita, safra 2003/2004.

| Variáveis                                    | Receitas (R\$) |            |
|--|----------------|------------|
|  | Manual         | Mecanizada |
| Material remanescente                        | -              | 4.067,37   |
| Perdas (cana-de-açúcar)                      | 663,93         | 1.659,48   |
| Material industrializado<br>(cana-de-açúcar) | 26.163,47      | 24.753,23  |
| Impurezas                                    | -              | 610,03     |
| Bagaço                                       | 3.591,04       | 3.397,49   |
| Total  | 30.418,44      | 34.487,60  |

Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia - 1º semestre 2.005

A Tabela 11 apresenta as receitas auferidas na comercialização dos materiais oriundos das colheitas manual e mecanizada, safra 2003/2004. São valores brutos, calculados em função dos quantitativos físicos, multiplicados pelos respectivos preços de venda vigentes no período.

Tabela 12. Receitas na comercialização dos materiais produzidos nos dois tipos de colheita, safra 2004/2005

| Variáveis                                    | Receitas (R\$) |            |
|--|----------------|------------|
|  | Manual         | Mecanizada |
| Material remanescente                        | -              | 4.099,68   |
| Perdas (cana-de-açúcar)                      | 669,04         | 1.672,60   |
| Material industrializado<br>(cana-de-açúcar) | 26.372,56      | 24.951,19  |
| Impurezas                                    | -              | 614,87     |
| Bagaço                                       | 3.619,88       | 3.424,69   |
| Total  | 30.661,48      | 34.763,03  |

Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia Ltda. 1º semestre 2.006

A Tabela 12 apresenta as receitas auferidas na comercialização dos materiais oriundos das colheitas manual e mecanizada, safra 2004/2005. São valores brutos, calculados em função dos quantitativos físicos, multiplicados pelos respectivos preços de venda vigentes no período.

Tabela 13 - Receitas na comercialização dos materiais produzidos nos dois tipos de colheita, safras 2003/2004 e 2004/2005.

| Variáveis                                    | Receitas (R\$) |            |
|--|----------------|------------|
|  | Manual         | Mecanizada |
| Material remanescente                        | -              | 4.099,68   |
| Perdas (cana-de-açúcar)                      | 669,04         | 1.672,60   |
| Material industrializado<br>(cana-de-açúcar) | 26.372,56      | 24.951,19  |
| Impurezas                                    | -              | 614,87     |
| Bagaço                                       | 3.619,88       | 3.424,69   |
| Total  | 30.661,48      | 34.763,03  |

Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia - 1º semestre 2.006.

A Tabela 13 apresenta as receitas auferidas na comercialização dos materiais oriundos das colheitas manual e mecanizada, safras 2003/2004 e 2004/2005. São valores brutos, calculados em função dos quantitativos físicos, multiplicados pelos respectivos preços de venda vigentes no período.

#### 4.4. Cálculo algébrico dos resultados econômicos brutos de comercialização

Os resultados brutos em reais, fruto da comercialização nas colheitas manual e mecanizada, foram apurados subtraindo-se das receitas apenas os valores referentes aos custos de produção, sem levar em conta os impostos.

Tabela 14. Resultados econômicos na comercialização dos materiais produzidos nos dois tipos de colheita, safras 2003/2004 e 2004/2005, em reais (R\$).

| Itens             | Safrá 2003/2004 |            | Safrá 2004/2005 |            |
|-------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
|                   | Manual          | Mecanizada | Manual          | Mecanizada |
| Receitas          | 30.418,44       | 34.487,60  | 30.661,48       | 34.763,03  |
| Custo Produção    | 28.941,98       | 31.085,95  | 10.695,84       | 12.071,75  |
| Resultados brutos | 1.476,46        | 3.401,65   | 19.965,64       | 22.691,28  |

Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia Ltda. 1ºs semestres 2.005/2.006

A Tabela 14 apresenta os resultados econômicos brutos, fruto da comercialização dos materiais oriundos das colheitas manual e mecanizada, nas safras 2003/2004 e 2004/2005, deduzidos dos custos de produção da cultura de cana-de-açúcar, incorridos em função dos insumos utilizados no processo produtivo, incluindo-se o transporte até a usina.

#### 4.5. Cálculo matricial do consumo energético

As matrizes a seguir, demonstram o consumo quantitativo da cultura de cana-de-açúcar por safra para colheita manual e das duas safras para colheita mecanizada.

## Matriz consumo, colheita manual, safra 2003/2004

|      | pre        | pla       | col       | tra       | T |
|------|------------|-----------|-----------|-----------|---|
| mo   | 62,36      | 17,78     | 943,11    | 13,34     |   |
| ma   | 209.776,29 | 7.934,13  | 75.254,68 | 60.340,08 |   |
| di   | 1.276,80   | 137,00    | 171,83    | 296,48    |   |
| ga   | 0          | 5,98      | 0         | 0         |   |
| in   | 0          | 0,59      | 0         | 0         |   |
| he   | 0          | 91,49     | 0         | 0         |   |
| N    | 442,33     | 0         | 0         | 0         |   |
| P2O5 | 1.105,83   | 0         | 0         | 0         |   |
| K2O  | 1.105,83   | 0         | 0         | 0         |   |
| Cal  | 21.422,24  | 0         | 0         | 0         |   |
| mu   | 0          | 95.480,00 | 0         | 0         |   |

A matriz demonstra os quantitativos energéticos consumidos de cada um dos insumos utilizados, em cada etapa do processo produtivo da cultura de cana-de-açúcar, do pré-pantio ao transporte até a usina, na safra 2003/2004, para a colheita manual.

## Matriz consumo, colheita manual, safra 2004/2005

|      | pre | pla       | col       | tra       | T |
|------|-----|-----------|-----------|-----------|---|
| mo   | 0   | 30,91     | 853,22    | 12,87     |   |
| ma   | 0   | 35.872,89 | 34.176,48 | 65.887,10 |   |
| di   | 0   | 62,16     | 130,76    | 360,04    |   |
| ga   | 0   | 6,35      | 0         | 0         |   |
| in   | 0   | 0,89      | 0         | 0         |   |
| he   | 0   | 22,13     | 0         | 0         |   |
| N    | 0   | 808,98    | 0         | 0         |   |
| P2O5 | 0   | 0         | 0         | 0         |   |
| K2O  | 0   | 2.296,90  | 0         | 0         |   |
| Cal  | 0   | 0         | 0         | 0         |   |
| mu   | 0   | 0         | 0         | 0         |   |

A matriz demonstra os quantitativos energéticos consumidos de cada um dos insumos utilizados, em cada etapa do processo produtivo da cultura de cana-de-açúcar, do pré-pantio ao transporte até a usina, na safra 2004/2005, para a colheita manual.



Matriz consumo, colheita manual, safras 2003/2004 e 2004/2005

|      | pre        | pla       | col        | tra        | T |
|------|------------|-----------|------------|------------|---|
| mo   | 62,36      | 48,69     | 1.796,33   | 26,21      |   |
| ma   | 209.776,29 | 43.807,02 | 109.431,16 | 126.227,18 |   |
| di   | 1.276,80   | 199,16    | 302,56     | 656,52     |   |
| ga   | 0          | 12,33     | 0          | 0          |   |
| in   | 0          | 1,48      | 0          | 0          |   |
| he   | 0          | 114,61    | 0          | 0          |   |
| N    | 442,33     | 808,98    | 0          | 0          |   |
| P2O5 | 1.105,83   | 0         | 0          | 0          |   |
| K2O  | 1.105,83   | 2.296,90  | 0          | 0          |   |
| Cal  | 21.422,24  | 0         | 0          | 0          |   |
| mu   | 0          | 95.480,00 | 0          | 0          |   |

A matriz demonstra os quantitativos energéticos consumidos de cada um dos insumos utilizados, em cada etapa do processo produtivo da cultura de cana-de-açúcar, do pré-pantio ao transporte até a usina, na safras 2003/2004 e 2004/2005, para a colheita manual.

## Matriz consumo, colheita mecanizada, safras 2003/2004 e 2004/2005

|      | pre        | pla       | col        | tra        | T |
|------|------------|-----------|------------|------------|---|
| mo   | 62,36      | 48,69     | 166,61     | 26,21      |   |
| ma   | 209.776,29 | 43.807,02 | 361.875,52 | 126.227,18 |   |
| di   | 1.276,80   | 199,16    | 3.926,38   | 656,52     |   |
| ga   | 0          | 12,33     | 0          | 0          |   |
| in   | 0          | 1,48      | 0          | 0          |   |
| he   | 0          | 114,61    | 0          | 0          |   |
| N    | 442,33     | 808,98    | 0          | 0          |   |
| P2O5 | 1.105,83   | 0         | 0          | 0          |   |
| K2O  | 1.105,83   | 2.296,90  | 0          | 0          |   |
| Cal  | 21.422,24  | 0         | 0          | 0          |   |
| mu   | 0          | 95.480,00 | 0          | 0          |   |

A matriz demonstra os quantitativos energéticos consumidos de cada um dos insumos utilizados, em cada etapa do processo produtivo da cultura de cana-de-açúcar, do pré-pantio ao transporte até a usina, na safras 2003/2004 e 2004/2005, para a colheita mecanizada.

O vetor consumo energético apresenta os valores energéticos (PCIs), em Kcal, de cada um dos insumos utilizados no processo de produção de cana-de-açúcar, das safras 2003/2004 e 2004/2005.

Vetor consumo energético

[313 1 11.414 10.109 86.910 99.910 13.875 1.665 1.110 40 1.070] T

O produto da matriz consumo, pelo seu respectivo vetor consumo energético, determina o total de energia consumida nas etapas de preparo, plantio, colheita e transporte e para a produção. Dividindo-se esse resultado pela área de cada talhão cultivado, nas safras de 2003/2004 e 2004/2005, obtêm-se o resultado determinado pelas equações.

Vetor consumo energético total

|   | Pre           | Pla            | Col          | Tra          |     |
|---|---------------|----------------|--------------|--------------|-----|
| [ | 24.865.586,77 | 129.973.971,60 | 4.125.102,29 | 7.627.950,19 | ] T |

#### 4.6. Cálculo matricial da produção energética

A matriz produção apresenta todos os quantitativos físicos dos materiais advindos das colheitas da cultura de cana-de-açúcar, colheitas manual e mecanizada, nas safras 2003/2004 e 2004/2005.

Os quantitativos em toneladas, dos materiais oriundos das colheitas manual e mecanizada, safras 2003/2004 e 2004/2005, da cultura de cana-de-açúcar, estão representados através das matrizes produção a seguir :

Para colheita manual, safra 2003/2004

|     | mr       | p     | mi       | i     | ba     |   |
|-----|----------|-------|----------|-------|--------|---|
| Col | [ 361,16 | 26,27 | 1.035,33 | 32,83 | 289,89 | ] |

Para colheita manual, safra 2004/2005

|     | mr       | p     | mi     | i     | ba     |   |
|-----|----------|-------|--------|-------|--------|---|
| Col | [ 346,78 | 25,22 | 994,08 | 31,53 | 278,35 | ] |

Para colheita manual, safras 2003/2004 e 2004/2005

|     | mr       | p     | mi       | i     | ba     |   |
|-----|----------|-------|----------|-------|--------|---|
| Col | [ 707,94 | 51,49 | 2.029,41 | 64,36 | 568,24 | ] |

Para colheita mecanizada, safra 2003/2004

|     | mr       | p     | mi     | i     | ba     |   |
|-----|----------|-------|--------|-------|--------|---|
| Col | [ 328,34 | 65,67 | 979,52 | 49,24 | 274,27 | ] |

Para colheita mecanizada, safra 2004/2005

|     | mr       | p     | mi     | i     | ba       |
|-----|----------|-------|--------|-------|----------|
| Col | [ 315,25 | 63,05 | 940,51 | 47,28 | 263,34 ] |

Para colheita manual, safras 2003/2004 e 2004/2005

|     | mr       | p     | mi       | i     | ba       |
|-----|----------|-------|----------|-------|----------|
| Col | [ 707,94 | 51,49 | 2.029,41 | 64,36 | 568,24 ] |

Para colheita mecanizada, safras 2003/2004 e 2004/2005

|     | mr       | p      | mi       | i     | ba       |
|-----|----------|--------|----------|-------|----------|
| Col | [ 643,59 | 128,72 | 1.920,03 | 96,52 | 537,61 ] |

A Figura 2 demonstra os quantitativos de materiais produzidos nas safras 2003/2004 e 2004/2005, oriundos das colheitas manual e mecanizada, em toneladas.

Faz-se necessário observar que, em especial, na colheita manual, devido ao processo da queima, que antecede a etapa de utilização intensiva de mão-de-obra, os materiais remanescentes e as impurezas não são aproveitados.

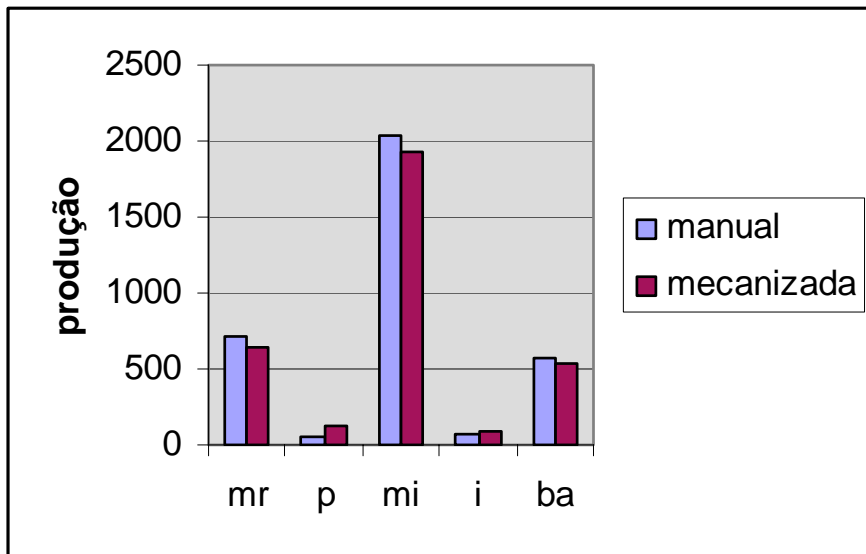


Figura 2. Quantitativos de produção dos materiais das colheitas manual e mecanizada

Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia

O vetor produção energética apresenta o poder calorífico interno (PCI), em Kcal/kgf, de cada um dos materiais oriundos do processo de produção de cana-de-açúcar, colheitas manual e mecanizada, das safras 2003/2004 e 2004/2005.

Vetor produção energética

| mr      | p     | mi      | i     | ba    |     |
|---------|-------|---------|-------|-------|-----|
| [ 3.800 | 1.070 | 4.054,5 | 3.400 | 1.800 | ] T |

O produto das matrizes produção, que retratam os quantitativos dos materiais, oriundos das colheitas manual e mecanizada de cana-de-açúcar, das safras 2003/2004 e 2004/2005, pelo seu respectivo vetor produção energética, que representa o poder calorífico interno de cada tipo de material, determina o total de energia produzida pelo processo produtivo.

Vetor produção energética total

Colheita manual [ 12.215.165,15 ] T

Colheita mecanizada [ 11.664.000,04 ] T

Na figura 3 encontram-se representadas as porcentagens de energia dos materiais reaproveitados no processo produtivo, no sistema de colheita manual.

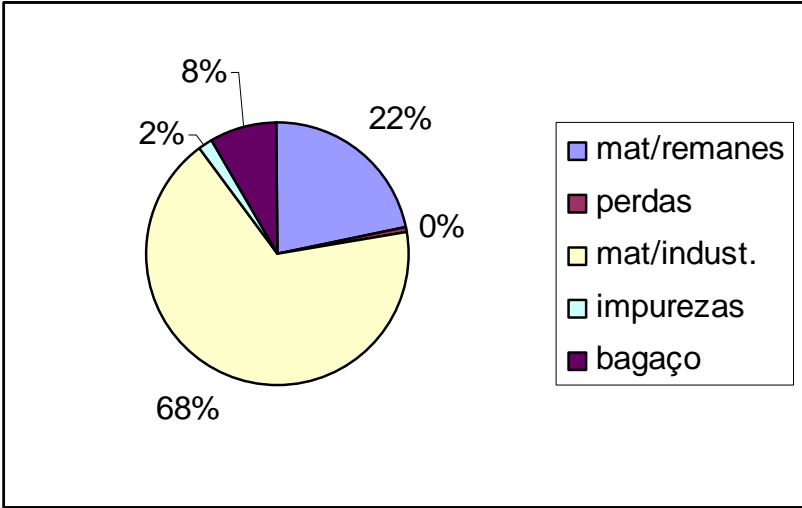


Figura 3. Porcentagem energética dos materiais da colheita manual

Fonte: Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia

Na figura 4 encontram-se representadas as porcentagens de energia dos materiais reaproveitados no processo produtivo, no sistema de colheita mecanizada.

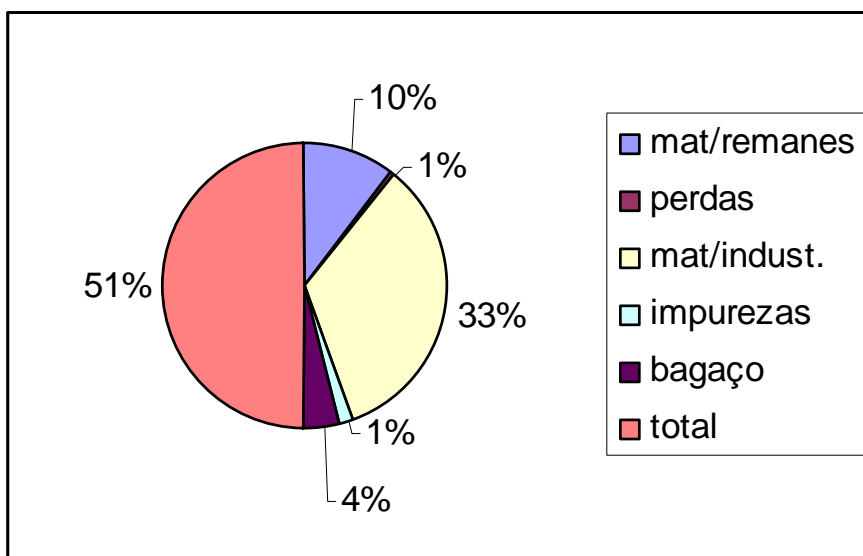


Figura 4. Porcentagem energética dos materiais da colheita mecanizada

Fonte: Fonte: Dados fornecidos pela Usina Central de Álcool Lucélia

#### 4.7. Cálculo matricial para valores econômicos

Os valores econômicos determinados, através do cálculo matricial, são relativos aos custos de produção e receitas de comercialização.

Os custos de produção são representados pela utilização de mão-de-obra, equipamentos, combustíveis, fertilizantes, defensivos e mudas.

As receitas de comercialização referem-se aos materiais oriundos das colheitas manual e mecanizada e aos preços de venda dos mesmos, segmentados em: material remanescente (mr), cana-de-açúcar (perdas e material industrializado), impurezas e bagaço, de acordo com os dados obtidos junto à Central de Álcool.



#### 4.7.1. Cálculo matricial para os custos de produção

Para o cálculo dos valores relativos aos custos de produção da cultura de cana-de-açúcar, utilizamo-nos das matrizes consumo, contendo os quantitativos de cada um dos insumos empregados, de forma individualizada, no processo produtivo.

Matriz consumo individualizada, safra 2003/2004

|      | pre       | pla    | col    | tra      | T |
|------|-----------|--------|--------|----------|---|
| mom  | 62,36     | 17,78  | 27,71  | 13,34    |   |
| moc  | 0         | 0      | 915,40 | 0        |   |
| ma   | 2.686,42  | 144,81 | 550,13 | 1.510,38 |   |
| di   | 1.276,80  | 137,00 | 171,83 | 296,48   |   |
| ga   | 0         | 5,98   | 0      | 0        |   |
| in   | 0         | 0,59   | 0      | 0        |   |
| 2,4  | 0         | 25,43  | 0      | 0        |   |
| ges  | 0         | 25,43  | 0      | 0        |   |
| cent | 0         | 40,63  | 0      | 0        |   |
| flui | 11.297,45 | 0      | 0      | 0        |   |
| Cal  | 21.422,24 | 0      | 0      | 0        |   |
| mu   | 0         | 95,48  | 0      | 0        |   |

Matriz consumo individualizada, safra 2004/2005

|     | pre | pla      | col    | tra      | T |
|-----|-----|----------|--------|----------|---|
| mom | 0   | 30,91    | 25,14  | 12,87    |   |
| moc | 0   | 0        | 828,08 | 0        |   |
| ma  | 0   | 435,56   | 499,01 | 1.366,31 |   |
| di  | 0   | 62,16    | 130,73 | 360,04   |   |
| ga  | 0   | 6,35     | 0      | 0        |   |
| in  | 0   | 0,89     | 0      | 0        |   |
| gam | 0   | 22,13    | 0      | 0        |   |
| aq  | 0   | 4.044,88 | 0      | 0        |   |

Matriz consumo individualizada, safras 2003/2004 e 2004/2005

|      | pre       | pla      | col      | tra      | T |
|------|-----------|----------|----------|----------|---|
| mom  | 62,36     | 48,69    | 52,85    | 26,21    |   |
| moc  | 0         | 0        | 1.743,48 | 0        |   |
| ma   | 2.686,42  | 580,37   | 1.044,14 | 2.876,69 |   |
| di   | 1.276,80  | 1.338,96 | 302,56   | 656,52   |   |
| ga   | 0         | 12,33    | 0        | 0        |   |
| in   | 0         | 1,48     | 0        | 0        |   |
| 2,4D | 0         | 25,43    | 0        | 0        |   |
| ges  | 0         | 25,43    | 0        | 0        |   |
| cent | 0         | 40,63    | 0        | 0        |   |
| gam  | 0         | 22,13    | 0        | 0        |   |
| aq   | 0         | 4.044,88 | 0        | 0        |   |
| flui | 11.297,45 | 0        | 0        | 0        |   |
| Cal  | 21.422,24 | 0        | 0        | 0        |   |
| Mu   | 0         | 95,48    | 0        | 0        |   |

Para o cálculo matricial dos custos de produção da cultura de cana-de-açúcar, identificamos os vetores consumo individualizados, que representam os custos unitários de cada um dos insumos individualizados, utilizados no processo produtivo, em cada uma das safras.

Vetor consumo individualizado, safra 2003/2004

[ 4,88 3,95 1,395 1,563 2,70 209,86 41,97 81,40 38,97 ,405 0,072 41,85 ]T

Vetor consumo individualizado, safra 2004/2005

[ 4,88 3,95 1,395 1,563 2,70 209,86 146,137 0,341 ]T

Vetor consumo individualizado, safras 2003/2004 e 2004/2005

[ 4,88 3,95 1,395 1,563 2,70 209,86 41,97 81,40 38,97 146,137 0,341 0,405 0,072 41,85 ]T

Os valores dos custos de produção, por etapa de produção, calculados pelo método matricial, são obtidos pelo produto dos quantitativos de insumos utilizados no processo produtivo, representados pelas matrizes consumo individualizadas, pelos seus respectivos custos unitários, representados pelos vetores consumo individualizados, encontram-se representados abaixo.

Custos de Produção, por etapa de produção

pre            pla            col            tra

[ 13.142,02    9.661,86    8.512,99    8.320,95 ]T

#### 4.7.2. Cálculo matricial para as receitas de comercialização

Para o cálculo dos valores relativos às receitas de comercialização da cultura de cana-de-açúcar, utilizamo-nos das matrizes produção, contendo os quantitativos de cada um dos materiais oriundos das safras 2003/2004 e 2004/2005, em toneladas e, dos vetores de produção, contendo os preços de venda dos mesmos. O produto entre ambos, retrata a receita total auferida, em ambas as safras.

Matriz produção, safras 2003/2004 e 2004/2005

|     | mr       | p     | mi       | i     | ba       |
|-----|----------|-------|----------|-------|----------|
| Col | [ 707,94 | 51,49 | 2.029,41 | 64,36 | 568,24 ] |

Vetor produção individualizado, safras 2003/2004 e 2004/2005

|   | mr    | p     | mi    | i     | ba       |
|---|-------|-------|-------|-------|----------|
| [ | 12,69 | 25,88 | 25,88 | 12,69 | 12,69 ]T |

Receitas de comercialização, safras 2003/2004 e 2004/2005

[ 70.865,14 ]T

## **5. ANÁLISE E DISCUSSÃO**

### **5.1. Custos de Produção**

Para colheita manual , a cana planta (primeiro corte – safra 2003/2004) apresentou um custo total de produção de R\$ 28.941,98 e a cana soca (segundo corte – safra 2004/2005), de R\$ 10.695,84 . O diferencial verificado entre os custos das duas safras é explicado em função dos custos de aquisição das mudas e as operações de preparo do solo para o plantio que requerem maior quantitativo de insumos, horas máquina e mão-de-obra na primeira safra.

Na colheita mecanizada de cana-de-açúcar , a cana planta (primeiro corte – safra 2003/2004) apresentou um custo total de produção de R\$ 31.085,95 e a cana soca (segundo corte – safra 2004/2005) de R\$ 12.071,75 .

Os custos de produção na colheita mecanizada apresentaram valores superiores aos da colheita manual, tanto na safra de 2003/2004 (primeiro corte - cana planta), R\$ 31.085,95 contra R\$ 28.941,98 quanto na safra de 2004/2005 (segundo corte – cana soca), R\$ 12.071,75 contra R\$ 10.695,84, perfazendo uma diferença total de R\$ 3.519,88 .

## 5.2. Receitas de comercialização

As receitas oriundas da comercialização dos materiais produzidos em função da colheita manual, somaram R\$ 30.418,44 na safra de 2003/2004 e R\$ 30.661,48 na safra de 2004/2005.

As receitas provenientes da comercialização dos materiais produzidos em função da colheita mecanizada, somaram R\$ 34.487,60 na safra de 2003/2004 e R\$ 34.763,03 na safra de 2004/2005.

## 5.3. Resultados econômicos brutos da comercialização

Os resultados brutos da comercialização na colheita manual foram de R\$ 1.476,46 na safra 2003/2004 e de R\$ 19.965,64 na safra 2004/2005.

Os resultados brutos da comercialização na colheita mecanizada foram de R\$ 3.401,65 na safra 2003/2004 e de R\$ 22.691,28 na safra 2004/2005.

Observamos que os resultados mais significativos foram atingidos pela comercialização na colheita mecanizada tanto na safra de 2003/2004, quanto na safra de 2004/2005, apresentando os custos mais elevados para produção, porém apresentando também os maiores valores de receitas, nos respectivos períodos, originando um resultado bruto superior àquele apresentado pela colheita manual.

## 5.4. Conversões energéticas

Verificou-se que, para a cultura de cana-de-açúcar, a produção de energia, independentemente do tipo de colheita utilizado, é menor que seu consumo. Nas duas primeiras safras, 2003/2004 e 2004/2005, a colheita manual apresenta os seguintes quantitativos: 1.407.282,87 Kcal/ha de produção de energia, contra 22.964.098,44 Kcal/ha de

consumo energético. Já para a colheita mecanizada, 1.343.781,30 Kcal/ha de produção de energia, contra 25.336.723,03 Kcal/ha de consumo energético.

#### 5.4.1 Conversão energética das variáveis utilizadas para produção da cultura de cana-de-açúcar

As mudas são responsáveis pela maior parte da energia consumida para produção de cana planta (primeiro corte – safra 2003/2004). Como outros consumidores significativos de energia surgem os combustíveis, os fertilizantes e defensivos.

Na safra de 2004/2005 (segundo corte), em função de não existir o consumo de energia para as mudas, face à rebrota das mesmas, o maior consumidor de energia passou a ser os fertilizantes, seguido pelos consumos de combustíveis e defensivos.

Identificamos como menores consumidores de energia, em ambas as safras, 2003/2004 e 2004/2005, primeiro e segundo corte respectivamente, e independentemente do tipo de colheita utilizada, manual ou mecanizada, as máquinas e a mão-de-obra, que podem ser considerados como insignificantes quando comparados com os demais consumidores de energia para a produção de cana-de-açúcar.

Ao observarmos os resultados referentes ao total de energia consumida, envolvendo as safras 2003/2004 e 2004/2005, identificamos que, no caso da colheita manual, cujo consumo total soma 22.964.098,44 Kcal/ha, as mudas respondem por 60,57 %, os combustíveis 16,98 % , os fertilizantes 14,80%, os defensivos 6,97%, as máquinas 0,30% e a mão-de-obra 0,38 %, o que demonstra claramente a necessidade de se adotar práticas voltadas à minimização do consumo de energia na produção de mudas e adoção de práticas agrícolas menos intensivas, quanto à utilização de fertilizantes e defensivos, além de estudos quanto à utilização de combustíveis alternativos, visando a redução do consumo energético e da agressão ao meio ambiente.



No caso da colheita mecanizada, temos um consumo total de 25.336.723,03 Kcal/ha. O diferencial observado quanto ao consumo energético dos dois tipos de colheita, refere-se fundamentalmente a utilização de combustíveis.

Ao analisarmos a diferença do consumo de energia entre os dois sistemas de colheita, nas safras de 2003/2004 e 2004/2005, percebemos que na primeira safra ela foi de 1.210.427,09 Kcal/ha. Já na segunda safra foi de 1.162.197,50 Kcal/ha, o que assegura uma tendência de minimização desses diferenciais para as próximas safras.

#### 5.4.2. Conversão energética dos materiais gerados pela cultura de cana-de-açúcar

Os processos de tomada de decisão, pelos empresários, na área da agricultura, devem levar em conta também a minimização do consumo energético para a produção de qualquer cultura. Nesse experimento pudemos observar, através dos cálculos realizados, no que se refere à conversão energética dos materiais produzidos na cultura de cana-de-açúcar, que ficou evidente a supremacia da colheita mecanizada frente a manual, quanto ao material que pode ser reaproveitado, tanto no primeiro quanto no segundo corte, sendo de 33,26% a energia reaproveitada, além da matéria prima, totalizando os 100% produzidos.

Na colheita manual, o percentual de material passível de reaproveitamento não passou dos 8,82 %, fato que revela uma perda de praticamente 24,44 % do total de energia produzida nas duas safras.

Assim temos que o sistema mecanizado para colheita, apesar de apresentar um maior consumo energético para a cultura da cana-de-açúcar, e fornecer uma menor produção de energia (1.343.781,30 kcal/ha contra 1.407.282,87 Kcal/ha), apresenta melhores condições de aproveitamento de material passível de reaproveitamento, fato que viabiliza esse sistema, já que apresenta uma diferença de 24,44 % do total da energia produzida.

## 6. CONCLUSÃO

Frente ao cenário sócio-econômico, ambiental e energético apresentado pela região da Alta Paulista, no oeste do estado de São Paulo, quer seja, a predominância da agroindústria canavieira, proprietária de grandes extensões territoriais, arrendatária de pequenas propriedades rurais, co-geradora de energia elétrica com geração de excedentes para a rede integrada de energia elétrica e empregadora de boa parte da mão-de-obra não qualificada da região, temos a destacar que :

Concluiu-se que deverá existir uma maior preocupação, por parte do empresariado do segmento sucroalcooleiro, quanto às questões sociais que permeiam o contingente de mão-de-obra engajada no setor. Os três níveis de governo devem trabalhar para a inclusão da agricultura familiar na produção dos biocombustíveis, por meio de incentivo à produção integrada e diversificadas nas pequenas propriedades e promover a organização dessas famílias em cooperativas produtoras de etanol em microdestilarias.

Concluiu-se como viável economicamente o arrendamento de terras dessas propriedades, pelos seus proprietários, para as empresas do setor sucroalcooleiro, frente à possibilidade de geração adicional de renda. Porém, não podemos deixar de citar a apreensão causada pela escalada territorial do segmento, avançando sobre regiões de cultivos de culturas anuais e outras atividades rurais menos rentáveis no atual cenário econômico-financeiro,

podendo vir a comprometer, no médio prazo, a produção de alimentos considerados como gêneros de primeira necessidade para a população.

No que se refere ao empresariado do setor sucroalcooleiro da região, concluiu-se como viável a cultura de cana-de-açúcar, frente aos resultados econômicos apresentados pelo empreendimento.

No que tange ao caráter energético, concluiu-se que deve-se priorizar a utilização racional de insumos de produção que venham a consumir o menor quantitativo de energia para a cultura.

No que se refere à questão ambiental, conclui-se que as emissões provenientes das queimadas de canaviais na região sudeste do Brasil, área de maior concentração de cultivo de cana-de-açúcar, e mais especificamente no oeste do Estado de São Paulo, região da Alta Paulista, são fortemente negativos ao ambiente e às populações. Entendemos como fator decisivo para minimização desses efeitos, a aceleração da utilização de processos de mecanização na etapa de colheita de cana-de-açúcar, não nos esquecendo porém de medidas capazes de atenuar os problemas sociais advindos de um intenso aumento de desemprego no setor. Aliado a esse fato, a produção do etanol de cana-de-açúcar, ao substituir outros tipos de combustíveis fósseis, trará reduções significativas quanto à emissão de gases e a conseqüente minimização do efeito estufa.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, B. Energetics of Major Crops in Mixed Cropping System. **Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America**, v.25, p.52-4, 1994.

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 nº 30, p.7-85, 1981.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2003

BANSAL, R.K.; KSHIRSAGAR, K.G.; SANGLE, R.D. Efficient utilization of energy with an improved farming system for selected semi-arid tropics. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.24, n.4, p.381-394, 1988.

BINI, A .& SOUZA, L.G. A economia nos custos energéticos decorrente do aproveitamento da biomassa. In: XXIV Congresso brasileiro de engenharia agrícola, Viçosa, p. 145, 1995.

BOLLER, W.; GAMERO, C.A. Estimativas dos custos econômicos e energéticos de sistemas de preparo e de manejo do solo para a cultura do feijão. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.12, n.2, p.26-38, 1997.

BONNY, S. Is agriculture using more and more energy? A French case study. **Agricultural Systems**, Essex, UK, v.43, n.1, p.51-66, 1993.

BOYELDIEU, J. Rendement énergétique de la production agricole: les bilans d'énergie. **Agriculture**, Paris, v.386, p.124-128, 1975.

BRIDGES, T. C. & SMITH, E. M. A Method for Determining the Total Energy Input for Agricultural Practices. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph p.781-4, 1979.

BUENO, O.C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaperá/SP**. 2002. 146f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

BUENO, O.C.; CAMPOS, A.T.; CAMPOS, A.T. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: **AVANCES en Ingeniería Agrícola**. Buenos Aires : Editorial Facultad de Agronomía, 2000. p.477-482.

CAMPOS, A.T. **Balanço energético relativo à produção de feno de “coast-cross” e alfafa em sistema intensivo de produção de leite**. 2001. 236f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

CAMPOS, A.T. et al. Balanço energético na produção de silagem de milho em cultivos de verão e inverno com irrigação. In: **AVANCES en Ingeniería Agrícola**. Buenos Aires : Editorial Facultad de Agronomía, 2000. p.483-488.

CAMPOS, A.T. et al. Custo energético de construção de uma instalação para armazenagem de feno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.667-672, 2003.

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.131-149.

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

CARVALHO, A.; GONÇALVES, G.G.; RIBEIRO, J.J.C. **Necessidades energéticas de trabalhadores rurais e agricultores na sub-região vitícola de Torres**. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1974.

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

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

COMITRE, V. A questão energética e o padrão tecnológico da agricultura brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.25, n.12, p.29-35, 1995.

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

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

- COSTANZA, R. Embodied energy and economic valuation. **Science**, N.Y. (USA), v.210, p.1219-1224, 1980.
- DELEAGE, J.P.et al. Eco-energetics analysis of an agricultural system: the French case in 1970. **Agro-ecosystems**, Amsterdam, v.5, p.345-365, 1979.
- DOERING, O.C. & PEART, R.N. Evaluating alternative energy technologies in agriculture. Agr. Exp. Sta., Purdue University, Indiana, 1977.
- DOERING III, O.C. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton : CRC, 1980. p.9-14.
- DOVRING, F. Energy use in Unites States agriculture: a critique of recent research. **Energy in Agriculture**, v.4, p.79-86, 1985.
- FERNANDES, A . J.Manual da cana-de-açúcar. Piracicaba, p.145, 1984
- FERNANDES, M.P.; SOUZA, A.M.T. Balanço energético – o consumo de energia na construção civil. **Revista Brasileira de Tecnologia**, Brasília, v.13, n.3, p.22-36, 1982.
- FERREIRA, W.A.; ULBANERE, R.C. Análise do balanço econômico para a produção de milho no estado de São Paulo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.4, n.2, p.8-18, 1989.
- FLUCK, R.C. Energy productivity: a measure of energy utilization in agricultural systems. **Agricultural Systems**, Essex, UK, v.4, n.1, p.29-37, 1979.
- FLUCK, R.C. Net energy sequestered in agricultural labor. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v.24, n.6, p.1449-1455, 1981.
- FLUCK, R.C. To evaluate labor energy in food production. **Agricultural Engineering**, v.57, n.1, p.31-32, 1976.

GABRIEL, L. R. A . et al. Estimativa do cálculo da energia direta embutida no processo de refinação do óleo de amendoim. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 1993. Ilhéus – BA. Sociedade Brasileira de Engenharia agrícola, 1.993, v.2, p. 738-749.

GABRIEL, L. R. A . et al. Estimativa do cálculo da energia indireta embutida no processo de refinação do óleo de amendoim. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 1993. Ilhéus – BA. Sociedade Brasileira de Engenharia agrícola, 1.993, v.2, p. 722-736.

GIAMPIETRO, M.G.; CERRETELLI, G.; PIMENTEL, D. Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.38, n.3, p.219-244, 1992.

GIAMPIETRO, M.G.; PIMENTEL, D. Assessment of the energetics of human labour. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.32, n.3-4, p.257-272, 1990.

GOLDEMBERG, J. Etanol de madeira – balanço energético. **Revista de ciência e cultura** p.1183-91, 1984.

GUERRERO, J.S.J. Dimensão teórica da energia, economia e sociedade: integração no desenvolvimento da humanidade. **Revista de Economia Rural**, v.25, n.3, p.293-301, 1987.

HELENE, M.E.M.; GRAÇA, G.M.; GOLDEMBERG, J. Etanol de madeira – balanço energético. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.33, n.9, p.1183-1191, 1981.

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

MACEDÔNIO, A . C. & PICCHIONI, S. A . Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuário. Seminário USP São Paulo, 1984.



MATUO, T. Técnicas de aplicação de defensivos. In: SIMPÓSIO SOBRE ENERGIA NA AGRICULTURA, TECNOLOGIAS POUPADORAS DE INSUMOS, INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS E PRODUÇÃO DE ALIMENTOS, 1., 1984, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal : FCAV/UNESP, 1984. p.113-130.

MELLO, R. **Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina.** 1986. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia/Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MESQUITA, C.M.; ROESSING, A.C.; GAZZIERO, D.L.P. Consumo de energia e avaliação técnica-econômica de sistemas de produção de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. **Anais...** Londrina : Centro Nacional de Pesquisa de Soja/EMBRAPA, 1982. V.1, p.525-538.

MOLINA Jr, W.F., RIPOLI, T.C., COELHO, J.L.D. Energia potencial da biomassa não industrializável de canaviais para emprego como combustível. In: XXIV Congresso brasileiro de engenharia agrícola, Viçosa, p.142, 1995.

MOLTALVO, M.F.M. Conservação da energia no uso de máquinas agrícolas . **Revista de mecanização rural**, s.d.

ORLANDO, J., SILVA, G.M.A ., LEME,E.J.A . Utilização agrícola dos resíduos da agroindústria canavieira. In: **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil.** Piracicaba, SP. Maio, p.229-30, 1983.

PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe, v.52, n.2, p.111-119, 1992.

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

PIMENTEL, D. et al. Food production and the energy crises. **Science**, N.Y. (USA), v.182, p.443-449, 1973.

PIMENTEL, D.; BERARDI, G.; FAST, S. Energy efficiency of farming systems: organic and conventional agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.9, n.4, p.359-372, 1983.

QUESADA, G.M.; COSTA BEBER, J.A.; SOUZA, S.P. Balanços energéticos: uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.39, n.1, p.20-28, 1987.

RIPOLI, T.C.C. et al. Equivalente energético do palhão de cana-de-açúcar. In: Congresso brasileiro de engenharia agrícola, Piracicaba p.26 , 1990.

RIPOLI, T.C.C. Utilização do material remanescente da colheita da cana-de-açúcar – Equacionamento dos balanços energético e econômico. Piracicaba, Julho 1991.

RIVALDO, O.F. Energia na agricultura. In: LEVON, Y.(Org.). **Pesquisa agropecuária, questionamentos, consolidação e perspectivas**. Brasília : EMBRAPA, 1988. p.267-268.

ROVERE, E.L. Conservação de energia. In: ROVERE, E.L. ; ROSA, L.P. & RODRIGUES, A . P. (Orgs.). Economia e tecnologia na energia. Rio de Janeiro: Março zero/FINEP, p. 1-230, 1985.

SANTOS, H.P. et al. Conversão e balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.2, p.191-198, 2001.

SANTOS, H.P.; REIS, E.M. Rotação de culturas em Guarapuava XVII – eficiência energética dos sistemas de rotação de culturas para cevada, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.7, p.1075-1081, 1994.

SCHROLL, H. Energy-flow and ecological sustainability in Danish agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.51, n.3, p.301-310, 1994.

SEIXAS, J.; MARCHETTI, D. **Produção e consumo de energia na agricultura**. Planaltina: EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1982. 15p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 3).

SILVA, J.G.; GRAZIANO, J.R. A crise de energia: repensar também a pesquisa agrônômica. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.29, n.10, p.1110-1116, 1977.

SIQUEIRA, R.; GAMERO, C.A.; BOLLER, W. Balanço de energia na implantação e manejo de plantas de cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.1, p.80-89, 1999.

TSATSARELIS, C.A. Energy inputs and outputs for soft winter wheat production in Greece. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.43, n.2, p.109-118, 1993.

ULBANERE, R.C.; FERREIRA, W.A. Análise do balanço energético para a produção de milho no estado de São Paulo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.4, n.1, p.35-42, 1989.

WAGSTAFF, H. Husbandry methods and farm systems in industrialized countries which use lower levels of external inputs: a review. **Agric. Ecosystems Environment**, Amsterdam, v.19, n.1, p.1-27, 1987.

ZUCCHETTO, J.; JANSSON, A-M. Total energy analysis of Gotland's agriculture: a northern temperature zone case study. **Agro-ecosystems**, Amsterdam, v.5, p.329-344, 1979.